Lehrbuch

der

astronomischen und physikalischen

Geographie

oder

die Erde in ihrem Verhältniß zum Sonnensystem und als planetarisches Individuum.

Nach

den besten Hülfsquellen zum Selbstunterrichte bearbeitet

von

Dr. J. Meyer.

Mit 6 Kupfertafeln.

Neue wohlfeile Ausgabe.

Zürich,
Verlag von Meyer und Zeller.
1852.

Vorwort.

Bei Ausarbeitung des vorliegenden Buches hatte ich vornämlich diejenige Klasse gebildeter Leser im Auge, welche, ohne Mathematiker und Physiker zu sein, sich neben ihren Berufsgeschäften für die hier zur Sprache kommenden Gegenstände einen offenen Sinn und ein reges Interesse bewahrt haben. Solchen Lesern durfte ich weder bloße Resultate, noch weitläufige Untersuchungen bieten, für sie eben so wenig ein gedrängtes Kompendium, als ein ausführliches, umfangreiches Werk schreiben, und ich glaubte daher meine Absicht um so besser zu erreichen, wenn ich es versuchte, zwischen beiden Extremen die Mitte zu halten. Mein Zweck bei Abfassung dieses Buches war, so viel in meinen geringen Kräften lag, beizutragen zur Verbreitung einer richtigen Einsicht in die Natur der tellurischen Erscheinungen, zu der Einsicht, daß alle Naturmannigfaltigkeit, alle physischen Eigenschaften der Erde mittelbar oder unmittelbar auf Allverhältnissen beruhen. Ich nahm daher aus den physikalischen Hülfswissenschaften so viel auf, als mir zur Erreichung dieses Zweckes und zum richtigen Verständniß des Vorgetragenen nöthig schien. Man wird dagegen wenig schulgerechte Mathematik finden, weil ich die Kenntniß derselben bei meinen Lesern nicht voraussetze; aber diejenige Mathematik, welche man die natürliche nennen kann, habe ich bei allen Erscheinungen angewandt, welche ohne sie nicht zur klaren Anschauung gebracht werden können, und dieß war immer da der Fall, wo Erscheinungen eine quantitative Seite an sich haben, wegen welcher sie sich der mathematischen Formen nicht zu entziehen vermögen. Obgleich also das Baugerüste schulgerechter Mathematik meinem Buche fehlt, so habe ich doch keineswegs an die Stelle von Beweisen bloße Versicherungen treten lassen, sondern war im Gegentheil bemüht, überall, wo es möglich war, zugleich mit den Erscheinungen die anderweitige wissenschaftliche Begründung zu verbinden und dieselben durch die gesetzlich

erkannte Wirksamkeit der Naturkräfte zu erklären. In wie weit mir dieß gelungen sei, müssen Andere entscheiden, deren wolwollender Beurtheilung ich mein Buch hiermit empfehle.

Ich habe bei meiner Arbeit die neuesten und besten Werke, die mir zugänglich waren, zum Grunde gelegt und es mir durchweg zum Gesetz gemacht, theils was ihre Verfasser selbst beobachtet, so zu geben, wie sie es beschrieben, namentlich Erscheinungen, die an sich oder in unseren Breiten seltener sind, theils ihre wissenschaftlichen Begründungen, wo diese meinem Zwecke vorzüglich dienten, wo möglich mit ihren eigenen Worten aufzunehmen. Ueberall habe ich daher im Verlauf meines Buches ihre Namen den von ihnen entlehnten Stellen entweder beigefügt, oder, wo der Verfasser aus dem Zusammenhange zu errathen war, dieselben einfach eingeschlossen. In den Naturwissenschaften, dieß ist bekannt, bedarf Einer des Anderen, und es verriethe gewiß eine große Unbescheidenheit von meiner Seite, wenn ich so Manches hätte besser wissen wollen, als Meister der Wissenschaft, auch hätte ich unstreitig unklug gehandelt, wenn ich das, was von ihnen scharfsinnig, umsichtig und trefflich gesagt worden ist, hätte anders sagen wollen. Unter den Männern, die durch ihre Werke meine Arbeit wesentlich gefördert haben, nenne ich hier besonders A. v. Humboldt, Mädler, Burmeister, Studer, v. Hoff, Muncke und Lyell. In der astronomischen Geographie habe ich mich vorzugsweise an Mädler angeschlossen, weil ich die Ueberzeugung habe, daß zwar die Astronomie wesentlich auf Beobachtung des Himmels beruht, daß sich der Astronom aber daraus eine Theorie baut, in welcher die Beobachtungen und die daraus sich ergebenden Schlüsse und Ideen ein innig verbundenes Ganzes bilden. Mädlers Theorie des Himmels ist es aber, die mich ganz besonders angesprochen hat. Man wird es übrigens entschuldigen, wenn ich die Berechnungen für die Elemente der Planeten zweimal, in den Tabellen aus Littrow, bei der Beschreibung der Planeten aus Mädler genommen habe. Bedauern muß ich, daß mir die „astronomische Geographie von Dr. Heinr. Birnbaum" zu spät zu Gesichte gekommen ist, ich hätte sonst daraus die trefflichen Winke für die Beweise der Kugelgestalt der Erde, die ich Anschauungsbeweise nenne, sorgfältig benutzt.

Ob mein Buch auch Schülern von Gymnasial- und Realschulen zum Gebrauch empfohlen werden dürfe, darüber wird man mit mir

vielleicht nicht übereinstimmender Ansicht sein. Ein Kompendium habe ich allerdings nicht geschrieben, und ich glaube, daß ein solches für Schüler, wie die bezeichneten, nicht einmal gut wäre. Meiner Meinung nach ist es zweckmäßiger, wenn ein Lehrer die hauptsächlichsten Gegenstände der astronomischen und physikalischen Geographie mit seinen Schülern mündlich behandelt, sie zum Durchdenken derselben anregt, und, wenn sie im Besitze der nöthigen Mittel sind, sie zur Erklärung und Begründung derselben anhält, um in solcher Weise zugleich auf Wissen und Können seiner Schüler hinzuarbeiten. Wenn dieß geschehen ist, so, denke ich, könnte alsdann ein Lehrer, der sich die Mühe nähme, sich mit meinem Buche bekannt zu machen, dasselbe seinen Schülern in die Hand geben, und sie zum Behuf der Repetition auf bestimmte Abschnitte und Paragraphen desselben verweisen, wo sie zu dem schon erworbenen vielleicht neuen Stoff und öftere Veranlassung zu weiterem Nachdenken finden dürften. Bei einem solchen Gebrauche, und wenn die Schüler zugleich angehalten würden, sich einen eigenen kompendiarischen Auszug aus meinem Buche anzufertigeu, könnte dasselbe, wenn nicht als Lehr-, so doch als Lernbuch ersprießliche Dienste leisten.

Was die Anordnung des Stoffes betrifft, so ist derselbe in vier Hauptabschnitte eingetheilt worden, wovon der erste die astronomische, die drei übrigen die physikalische Geographie umfassen. Der astronomische, meteorologische und geologische Theil sind alle drei ungefähr mit derselben Ausführlichkeit behandelt, und nur der hydrologische ist kürzer gehalten worden, weil Manches aus demselben weggelassen wurde, was aus früherem geographischem Unterrichte, in sofern derselbe den wissenschaftlichen Weg eingeschlagen hatte, als bekannt vorausgesetzt worden ist.

Die astronomischen Entdeckungen der zwei letztverflossenen Jahre sind mir erst bekannt geworden, nachdem der erste Abschnitt meines Buches bereits gedruckt war; ich muß daher hier nachholen, was im Buche selbst nicht mehr möglich ist. Daß die Millionen von Sonnen an ein allgemeines Zentrum geknüpft seien, ist ein längst ausgesprochener Gedanke; Mädler hat im vorigen Jahre diese Zentralsonne entdeckt. Henke in Driesen, der am 8. Dezember 1845 die Vesta ihrer damaligen Lichtstärke wegen beobachtete, fand bei Durchmusterung der Umgegend einen neuen Stern 9ter Größe. Die Beobachtungen

Enckes auf der Berliner Sternwarte, angestellt am 14. Dez. 1845, ergaben bald, daß der neue Stern eine tägliche Bewegung von 14′ 21″,2 im Bogen hatte und ein Planet sei, der der Opposition nahe stand. Die aus den bisherigen Beobachtungen berechneten, bloß als annähernd anzusehenden Elemente der Bahn der Asträa sind: Länge des Periheliums 135° 45′ 17″; Neigung der Bahn 5° 20′ 7″,2; Exzentrizitätswinkel 11° 16′ 30″,4; halbe große Achse 0,413564; Umlaufszeit 1524 Tage. Schon mehrfach ist die Ansicht vom Vorhandensein eines Planeten jenseits des Uranus ausgesprochen worden, weil dessen Abweichungen von Keplers Gesetzen durch die Wirkungen der bekannten Planeten sich nicht wollten erklären lassen. Der Franzose Leverrier rechnete nun voriges Jahr aus den Störungen, welche der unbekannte Planet auf den Uranus ausübt, den Ort desselben im Himmelsraume heraus, und Dr. Galle in Berlin wurde hierauf in der von Leverrier angedeuteten Gegend des Himmels den dreizehnten Hauptplaneten unsers Sonnensystems als ein mattes Pünktchen gewahr, das sich durch seine eigene Bewegung von den Fixsternen unterscheidet. Man hat vorgeschlagen, ihn Janus zu heißen, er verdiente aber in der That den Namen Leverrier.

Endlich muß ich meine Leser wegen der vielen Druckfehler, die namentlich im Anfang des Buches stehen geblieben sind, um Verzeihung bitten. Entfernung vom Druckorte und meine eigene Ungeschicklichkeit, oder Ungeduld beim Korrigiren sind Schuld daran. Ich ersuche daher, die im Verzeichniß mit gesperrten Lettern gedruckten Fehler vor Beginn der Lektüre zu verbessern.

Chur, den 25. Jänner 1845.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

	§	Seite
Begriff und Eintheilung	—	1–2
Vorbegriffe. Materie und Kraft; Naturgesetz . . .	1	3–4
Eigenschaften der Materie; Elemente; Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff	2	4–7
Aggregatszustände; Diffusion der Gase	—	7–9
Beharrungsvermögen; Schwerkraft und ihr Gesetz; Gewicht . .	3	9–11
Bewegung; a. Fallbewegung; Pendel	4	11–15
b. Zentralbewegung; Tangentialkraft und Gravitation . .	4–5	15–19
Kohäsion, Adhäsion und Affinität	6	19–21
Astronomische Vorbegriffe	7	21–25

Erster Theil der physischen Erdbeschreibung.

Die Erde, als Planet oder in Beziehung auf das Weltgebäude.

I. Tägliche Bewegung der Erde.

	§	Seite
Scheinbare tägliche Bewegung	8	26–28
Wirkliche tägliche Bewegung	9	28–30
Beweise für dieselbe	—	30–31
Verschiedene Rotationsgeschwindigkeiten	10	31
Geschichtliches	11	32–34

II. Gestalt der Erde.

	§	Seite
Anschauungsbeweise für die Gestalt der Erde; Analogie . .	12	34–38
Physikalisch-mathematische Beweise. Beweis aus der Gravitation	13	38
Beweis aus dem Zusammenwirken der Gravitation und Tangentialkraft	—	39–40
Beweis durch Versuche mit dem Sekundenpendel	—	40–42
Beweis aus Gradmessungen	—	42–43
Größe der Erde	14	43–45
Bestimmung der Breite und Länge eines Ortes	15	45–47

III. Jährliche Bewegung der Erde.

	§	Seite
Arten der progressiven Bewegung der Erde	16	47–49
Einwürfe gegen die Bewegung der Erde um die Sonne . .	17	49–51
Beweis für dieselbe aus der Aberration des Lichtes . . .	—	51–53
Beweis aus Fixstern-Parallaxen	—	53

	§	Seite
Beweis aus den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten . . .	–	53 – 54
Beweis aus dem Lauf der übrigen Planeten	–	54 – 55
Geschichtliches	18	55 – 56
IV. Gestalt und Lage der Erdbahn.		
Der scheinbare Durchmesser der Sonne ist zu verschiedenen Jahreszeiten ungleich groß	19	56 – 57
Die Form der Erdbahn ist eine Ellipse	–	57 – 58
Perihelium und Aphelium; Geschwindigkeit der Bewegung . .	–	58 – 59
Kepler'sche Gesetze	–	59 – 60
Lage der Erdbahn; Ekliptik; Erleuchtungsgrenze	20	60 – 61
Sommersolstitium; Herbstäquinoktium; Wintersolstitium: Frühlingsäquinoktium	–	61 – 62
Schiefe der Ekliptik und Himmelszeichen	21	62 – 63
Zonen und mathematische Klimate	22	64 – 66
V. Störungen in der jährl. Bewegung der Erde.		
Präzession und Nutation	23	66 – 69
Einwirkung der Planeten	24	69 – 70
Veränderung des Periheliums und Apheliums	25	70 – 71
Ueber Störungen überhaupt	–	71 – 72
VI. Der Mond und seine Bewegung.		
Größe und physische Beschaffenheit des Mondes	26	73 – 77
Bewegung des Mondes; Apogäum und Perigäum	27	77 – 78
Siderischer, tropischer, synodischer, draconitischer und anomalistischer Umlauf des Mondes und Störungen durch die Sonne . .	–	78 – 81
Rotation des Mondes; Libration	28	81 – 82
Masse des Mondes	29	82 – 83
Mondphasen	30	83 – 84
Sonnen- und Mondfinsternisse	–	84 – 88
VII. Zeitrechnung	31	89 – 90
Sonnentag und Sterntag; wahre und mittlere Sonnenzeit . .	32	90 – 93
Monat; julianischer, gregorianischer Kalender	33	93 – 94
Das Jahr; siderisches, tropisches, anomalistisches und synodisches Jahr	–	95 – 96
Kalender	34	96 – 99
VIII. Das Planetensystem der Sonne.		
Planeten; untere und obere; Opposition und Konjunktion . .	35	99 – 101
Siderischer, synodischer, tropischer Umlauf der Planeten . .	—	100 – 102
Phasen und Durchgänge der unteren Planeten	–	101 – 102
Elemente der Planeten	36	102 – 108
Planetengruppen	37	108 – 109
Die Monde	38	109 – 113
Die Kometen	39	113 – 116
Sternschnuppen und Feuerkugeln	40	116 – 120

	§	Seite
Störungen der Körper unsers Sonnensystems	41	120 – 123
Physische Beschaffenheit der Sonne; Zodiakallicht	42	123 – 128
Physische Beschaffenheit der Planeten	–	128 – 138
Physische Beschaffenheit der Kometen	—	138 – 140

Zweiter Theil der physischen Erdbeschreibung.

Die Erde, als organisches Naturganzes, unter dem Einfluß kosmischer Kräfte.

	§	Seite
Verhältnisse des Erdkörpers von allgem. Natur	43	141 – 142
Dichtigkeit der Erde	44	142 – 146
Erdwärme	45	146 – 150
Erdmagnetismus	46	150 – 156

Erster Abschnitt.

Von der Luft.

I. Atmosphärologie.

	§	Seite
Bestandtheile der Atmosphäre	47	157 – 159
Eigenschaften der Atmosphäre	48 – 54	160 – 193
Expansibilität oder Elastizität der Luft	48	160 – 161
Schwere der Luft; Barometer	49	161 – 162
Grenzen der Atmosphäre	–	163 – 164
Mittlerer Barometerstand	—	164 – 165
Unregelmäßige und regelmäßige Barometerschwankungen; jährliche und tägliche Periode	–	165 – 167
Barometer als Wetterglas und als Höhenmesser	—	167 – 169
Durchsichtigkeit der Luft; Zwielicht	50	169 – 171
Lufttemperatur: mittlere Temperatur	—	171 – 173
Temperaturverhältnisse der obersten Erdschichten	—	173 – 176
Temperaturerhöhende und temperaturvermindernde Ursachen	52	176 – 178
System der Isothermenlinien	—	178 – 182
Tafel der mittleren Temperaturen verschiedener Oerter	–	182 – 183
Abnahme der Lufttemperatur in senkrechter Richtung, Schneelinie, Ursachen der Temperaturabnahme nach der Höhe	53	183 – 187
Temperaturgleichgewicht der Erde	54	187 – 193
Wärmestrahlung; Wärmeleitung; Wärmeabsorption und Wärmereflexion; spezifische Wärme; Volumenvergrößerung durch Wärme	55	193 – 197
Thermometer; freie und gebundene Wärme; Verdampfung	—	197 – 199

II. Meteorologie.

Wässerige Meteore und Luftströmungen.

	§	Seite
Bedingungen der Verdunstung	56	200 – 201
Der Thau, Drosometer, Thaupunkt	57	202 – 205
Ursachen der Nebel, Wolken und Regen	58	205 – 206

	§	Seite
Nebel und Nebelbänke; riechende Nebel; Höhenrauch . .	58	206–209
Wolken; die 3 einfachen Formen derselben, und deren Modifikationen	59	209–212
Höhe und Ausdehnung der Wolken	–	212–213
Regen und Schnee	60	213–216
Graupeln und Hagel; Erklärungen der Hagelwetter . .	–	216–221
Physische Hauptklimate der Erde	61	221–223
Regenmenge	62	223–224
Winde und ihre Ursachen	63	224–226
Geschwindigkeit und Kraft der Winde; Namen der Winde, Orkane und Stürme	64	226–231
Arten der Winde. 1. Passatwinde und ihre Ursachen; oberer, unterer Passat	65	231–236
2. Periodische Winde; Moussons und Land- und Seewinde .	–	236–238
3. Veränderliche Winde	–	238–239
Heiße und kalte Winde	66	239–243
Richtung der Winde; regressive und progressive Winde . .	67	243–245
Allgemeines Drehungsgesetz der Winde	–	245–248
Witterung, sofern sie vom Winde abhängig ist; Einfluß des Mondes auf die Witterung	68	248–252

Lichtmeteore.

	§	Seite
Reflexion und Refraktion des Lichtes	69	253–255
Astronomische und terrestrische Refraktion; Luftspiegelung .	—	255–257
Zerlegung des Lichtes in Farben	70	257–258
Morgen- und Abendröthe	—	258–260
Höfe; Nebensonnen und Nebenmonde	—	260–261
Regenbogen	—	261–263
Blaue Farbe des Himmels	—	263

Elektrische und magnetische Meteore.

	§	Seite
Aeußerungen der Elektrizität	71	263–265
Luftelektrizität; Wetterleuchten	—	265–267
Gewitter; Blitz und Donner	—	267–269
Bedingungen, die das Einschlagen des Blitzes bestimmen . .	—	270–271
Wirkungen des Blitzes; Blitzröhren	—	271–273
Wettersäulen, oder Wasser- und Landhosen; Beschreibung des Phänomens	72	273–277
Erklärung der Wettersäulen	—	277–281
Polarlicht; Höhe desselben; Beschreibung des Phänomens .	73	281–284
Erklärung desselben	—	284–287
Feuerkugeln und Meteorsteine	74	287–290
Bestandtheile derselben	—	290–292

	§	Seite
Verdunkelungen des Himmels, wahrscheinlich von Sternschnuppenschwärmen herrührend	74	292

Zweiter Abschnitt.

Vom Wasser.

	§	Seite
Allgemeine Verhältnisse	75	293 – 296
I. Das Meer.		
Größe und Grenzen des Meeres	76	296 – 302
Der Meeresspiegel	77	302 – 303
Niveauverschiedenheiten bedingt durch örtliche Einflüsse . .	—	303 – 304
Sinken und Steigen des Meeresspiegels im Allgemeinen . .	—	304 – 306
Unveränderter Stand des Meeresspiegels	—	306 – 310
Tiefe des Meeres und Beschaffenheit des Meeresbodens . .	78	310 – 315
Geruch und Geschmack, spezif. Gewicht, Bestandtheile des Meerwassers	79	315 – 319
Ursprung des Salzes	—	319 – 320
Temperatur der Oberfläche und der Tiefe des Meeres . .	80	320 – 327
Gefrieren des Seewassers; Treibeis, Eisfelder, Eisberge . .	81	327 – 332
Geographischer Verbreitungsbezirk des Polareises . . .	—	332 – 334
Farbe und Durchsichtigkeit des Meerwassers	82	334 – 338
Leuchten des Meeres; Ursachen desselben	83	338 – 345
Bewegungen des Meeres.		
1. Wellen und Wirbel	84	345 – 346
Geschwindigkeit, Durchkreuzen, Höhe und Breite der Wellen .	—	346 – 349
Hohle See; Brandung; Mascaret, Rastern, Pororoca . .	—	349 – 353
Wirbel und Strudel	—	353 – 354
2. Ebbe und Fluth; tägliche, monatliche, halbjährliche Periode	85	354 – 355
Ursachen von Ebbe und Fluth	–	355 – 358
Isorachien	–	358 – 359
Ursprüngliche und abgeleitete Fluthwellen; Hafenzeit . .	86	359 – 365
Anomalien der Fluth	–	365 – 368
3. Strömungen des Meeres	87	368 – 369
Driftströmung; Oberströme, ganze Ströme, Unterströme; Richtung, Geschwindigkeit und Temperatur der Ströme . .	–	369 – 370
Aequinoktialströmung und ihre Ursachen	88	370 – 374
Golfstrom und andere ozeanische Ströme	–	375 – 380
II. Die Gewässer des Festlandes.		
1. Quellen und ihr Wurzelsystem	89	380 – 382
Artesische Brunnen	—	383 – 384
Katabothra, Schlotten, Entonnoirs	–	384 – 385
Periodische Quellen; intermittirende Quellen	–	385 – 389

	§	Seite
Ursprung der Quellen aus atmosphärischem Wasser und Beweise dafür	90	389–394
Mineralquellen	91	394–400
Die Bestandtheile der Mineralquellen stammen aus der Erde	62	400–404
Thermen	93	404–407
2. Flüsse; Flußsystem, Flußgebiet, Quellenbezirk	94	407–409
Wasserscheide; Gabelung oder Bifurkation der Flüsse	–	409–413
Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf der Ströme	–	413–415
Fall der Flüsse; Stromfäden; Form des Stromprofils	95	415–420
Geschiebe, Gerölle	–	420–421
Wasserfälle	–	421–422
Ueberschwemmungen und Stromschwellen	96	422–425
Menge des Stromwassers	97	425–426
3. Stehende Gewässer.		
Brüche und Moore, Sümpfe und Moräste	98	426
Landseen; Seen ohne Zu- und Abfluß, mit Zufluß ohne Abfluß, mit Zu- und Abfluß	–	426–431
Temperatur, Färbung, Durchsichtigkeit der Seen und Beschaffenheit ihres Wassers; todtes Meer	99	431–438
Einige eigenthümliche Erscheinungen	100	438–441

Dritter Abschnitt.

Vom Lande.

	§	Seite
I. Physiognomik des Festlandes.		
Wagrechte Gliederung	101	442–443
Senkrechte Gliederung; Tiefländer und Hochländer; Wüsten und Steppen	102	448–454
Gebirgsländer und Plateauländer; Stufenländer	–	454–457
Allgemeine Umrisse des Reliefs der Erdoberfläche	103	457–466
Einfluß der Erdtheile hinsichtlich ihrer wagrechten und senkrechten Gliederung auf meteorologische Prozesse, organisches Leben und auf die Völker	104	466–474
Inseln; kontinentale und pelagische; langgestreckte, hohe und niedere runde	105	474–479
II. Veränderungen in der Gestaltung des Festen und Flüssigen der Erdoberfläche.		
Luft, Wasser, Feuer und die kleinste Thierwelt bewirken diese Veränderungen	106	479–483
1. Veränderungen in dem quantitativen Verhältniß zwischen Land und Meer.		

	§	Seite
a) Vergrößerung der Meeresoberfläche durch die zerstörenden Wirkungen der Fluth und der Strömungen; Beispiele an den europäischen Küsten	107	483–489
Durchbrüche aus einem Meere in das andere . . .	108	489–490
Durchbruch der Meerenge von Gibraltar und des thrazischen Bosporus	—	490–496
Durchbruch der Landenge, die England und Frankreich verbunden hat	—	496–497
Bildung der Straße von Babel Mandeb, der Behringsstraße u. s. w. in Folge von Durchbrüchen	—	497–498
b) Vergrößerung des Uferlandes und Entstehung neuer Inseln.		
Sandbänke, Marschboden	109	498–499
Bildung neuer Gesteinarten, als jüngste Kalk- und Meersandsteinformationen	—	499–501
Aeltere Uferbildungen	—	501–502
Dünenbildung	—	502–503
Vergrößerung des Uferlandes durch Winde	—	503–504
Vergrößerung der Küsten durch Flüsse; Deltas . . .	—	504–505
Neue Inseln durch Anhäufung losgerissener Bestandtheile, durch vulkanische Kräfte, durch den Bau der Madreporen	110	505–510
2. Veränderungen auf der Oberfläche der Kontinente.		
Wirkungen der Winde auf den Flugsand	111	510–513
Veränderungen durch atmosphärisches Wasser, durch Flüsse und Ströme	112	513–514
Karren oder Schratten	—	514–515
Bergschlipfe; Schlammströme (Ribinen, Rüfenen) . . .	—	515–517
Aeltere und jüngere atmosphärische Erosion; Beispiele dafür .	—	517–518
Thalbildung; Erosionsthäler und Stromthäler	—	518–523
Längenthäler, und zwar Muldenthäler, Spaltungsthäler, Scheidethäler	—	523–524
Felsstürze und Bergfälle	—	524–526
Erdfälle; Querthäler	—	526–530
Ausfüllung der Thäler durch Flüsse und Ströme: Beispiele aus älterer und jüngerer Zeit	113	530–534
Seedeltas und Erdzungen	—	534–535
Knochen- und Tropfsteinhöhlen	—	535–537
Kalkschlotten	—	537–538
Veränderungen der Erdoberfläche durch Schnee und Eis; Lawinen, Gletscher	114	538–540
Schliffflächen; Gandecken	—	540–543
Beispiele von Schliffflächen und Gandecken aus älterer Zeit .	—	543–546
Erratische Blöcke und ihre Entstehung	—	546–551

	§	Seite
Vereisung der Erde	114	551
Veränderungen der Erdoberfläche durch organische Ueberreste	115	551 – 552
Damm- oder Ackererde	—	552 – 553
Torf; untermeerische Waldungen	—	553 – 557
Produkte der Infusorien	116	557 – 563
3. Die vulkanische Thätigkeit der Erde und die durch sie bewirkten Veränderungen auf der Erdoberfläche.		
Begriff der Vulkanität	117	563 – 564
Vulkanische Erscheinungen; Erdbeben u. ihr Erschütterungskreis	—	564 – 567
Witterungsverhältnisse als Vorboten von Erdbeben	—	567 – 568
Unterirdisches Getöse bei Erdbeben	—	568 – 569
Verbreitung der Erdbeben	—	569 – 570
Wirkungen der Erdbeben; Hebungen und Senkungen	—	570 – 575
Entstehung der Inseln	—	575 – 578
Vulkane, ihre Krater und ihre Höhe	118	578 – 581
Beschreibung einer vulkanischen Eruption	—	581 – 584
Feuersäule	—	584 – 586
Vulkanische Gewitter und Schmelzung von Schnee und Eis bei Eruptionen	—	586 – 587
Vulkanische Erzeugnisse	119	
1. Rauch; verschiedene Luftquellen; Solfataren	—	587 – 589
Gyps, Alabaster, Kochsalz, Salmiak	—	589 – 590
Kohlensäure; Mofetten	—	590 – 592
Gasvulkane	—	592 – 593
Schlammvulkane	—	593 – 595
2 u. 3. Asche, Sand, Schlacken und Steine (Lapilli, vulkanische Bomben)	—	595 – 597
Aufschüttungskegel	—	597 – 599
4. Lava	—	599 – 601
Geschwindigkeit der Lava; Gestalt und Beschaffenheit der erstarrten Lava	—	601 – 602
Flammen auf der Oberfläche der Lavaströme; Menge der erzeugten Lava	—	602 – 605
Metamorphosen von Mineralsubstanzen durch die Lava	—	605 – 606
Mineralische Bestandtheile der Laven	—	606 – 607
Erdige-, Stein- und Glaslaven; Obsidian, Bimsstein	—	607 – 608
Heiße Quellen	120	608 – 609
Erloschene Vulkane	121	609 – 613
Dolerite, Basalte, Trachyte	—	614 – 615
Ursachen der vulkanischen Erscheinungen	122	615 – 617

	§	Seite
III. Aelteste Veränderungen der Erdoberfläche, oder Umrisse der Geognosie	123	617–618
Geognostische Forschungsbezirke	—	618–619
Gebirge, Gesteine, Fels- oder Gebirgsarten	124	619
Konstituirende Bestandtheile der Gebirgsarten	—	619–622
Einfache, gleichartige oder zusammengesetzte, gemengte, ungleichartige Gesteinarten	125	622–622
Struktur der Felsarten; dichte, körnige, porphyrartige, schiefrige und mandelsteinförmige Felsarten; Konglomerate	—	622–625
Eruptionsgesteine (endogene); Sedimentgesteine; metamorphisirte Gesteine; Konglomerate	126	625–626
Altersverschiedenheit der endogenen Gesteine	—	626–627
Plutonische Gesteine sind durch feurige Schmelzung gebildet worden	—	627–629
Altersgruppen der plutonischen Gesteine. 1. Granite u. Syenite	—	629–632
2. Feldstein- (Quarz-) und Augitporphyre	—	632–634
3. Grünsteine oder Diorite	—	634–635
4. Hypersthenfels	—	635.
5. Euphotid und Serpentin	—	635–636
Reibungskonglomerate	—	636–637
Neptunische Gesteine	127	637–638
Sie sind Sedimente, Niederschläge aus Wasser; Beweis dafür	—	638–641
Schichte, Flötz, Lager oder Bank; Mächtigkeit der Schichten; Schichtenköpfe; Liegendes und Hängendes	128	641–642
Aufrichtungen der Schichten; Fallen und Streichen derselben	—	642–643
Lagerungsverhältnisse der Schichten	—	643–644
Die Lagerungsverhältnisse weisen auf verschiedene Bildungsepochen und auf verschiedene Hebungen hin	—	644–647
Bestimmungen der Hauptperioden der neptunischen Sedimentbildungen durch die in ihnen enthaltenen organischen Ueberreste	—	647–652
Die organischen Ueberreste beweisen eine höhere Temperatur der Erde in früherer Zeit	—	652–654
Metamorphisirte Gesteine. Ursachen der Metamorphose	129	654–656
Krystallinische Schiefer; Arten und Vorkommen derselben	—	656–661
Salinischer Marmor; Anhydrit, Gyps; Dolomit	—	661–663
Metamorphose quarziger Gebilde	—	663–664
Konglomerate oder Breccien; Sandsteine; Nagelfluh	130	664–669
Reihenfolge der Formationen.		
Uranfänglichkeit des Granits	131	667–668
Unteres und oberes silurisches System; Versteinerungen	132	669–671

	§	Seite
Devon'sches System; Versteinerungen	132	671–672
Sekundäre oder Flötzgebilde. Kohlengruppe und ihre Versteinerungen	133	672–679
Mittlere Flötze; obere Trias mit ihren Versteinerungen . .	134	679–682
Juraformation und ihre Versteinerungen	135	682–688
Kreideformation mit ihren Versteinerungen	136	688–694
Tertiäre Formationen	137	694–696
Grobkalk	—	696–697
Molasse und Nagelfluh	—	697–699
Subapenninenformation	—	699–702
Tafel der Formationen	—	703–704
Geschichte der Erdbildung; Hebungsperioden . .	138	704—727

Physische Erdbeschreibung.

Begriff und Eintheilung.

Die erste Kunde von den Dingen außer uns wird unserem Bewußtsein zugeführt durch unsere Sinne, welche geöffnet sind für die von allen Seiten auf uns einströmende Gewalt äußerer Erscheinungen. Ohne unser Zuthun bewegen sich diese an uns vorüber, entstehen und verschwinden; wir rechnen sie daher einer Sphäre zu, welche wir als Außenwelt, als uns umgebende Natur dem entgegensetzen, was wir in unserm Innern, in unserm Geiste finden und durch unsere Sinne nicht wahrnehmen können. Die Sinnesempfindung erscheint somit als die Geburtsstätte der Naturwissenschaft. Allein in der blos durch die Sinne vermittelten Kenntniß der äußeren Dinge sind wir erst ihres Daseins gewiß, ohne sie darum zugleich zu verstehen und zu begreifen. Auf die richtige Einsicht in die stets im Bilden und Entfalten begriffene Außenwelt kommt es aber hauptsächlich an, indem uns weder ein bloßes Wissen davon, daß sie ist, genügen, noch uns hinsichtlich ihrer mit dunkeln Gefühlen oder phantastischen Vorstellungen gedient sein kann. Mag daher immerhin die Natur in der ganzen Fülle ihrer Gestaltungen dem Menschen unmittelbar gegeben sein, dies allein führt ihn nicht zum erstrebten Ziele; erst eine denkende Beobachtung der äußeren Dinge, wobei er, das rein Zufällige oder Subjektive seines Anschauens abstreifend, sich in dem Inhalte selbst vertieft, öffnet ihm die Augen, lehrt ihn möglichst vollständig alle Merkmale des Beobachteten auffassen, dasselbe als ein Bemerkenswerthes, als eine wesentliche Erscheinung festhalten, die Einzelheiten prüfend sondern, und dasjenige ergreifen, was unter der Decke der Erscheinungen verhüllt liegt. An ihr besitzt die Naturwissenschaft ein eigenthümliches und unstreitig fruchtbringendes Feld; denn sie ist es ferner, durch die wir die äußeren Dinge nicht vereinzelt, sondern in gegenseitigen Beziehungen, in einer Wechselwirkung kennen lernen, welche die mannigfachsten Erscheinungen und Veränderungen an ihnen hervorruft; ihr allein gelingt es, in dem ewigen Wechsel der äußeren Gebilde das Allgemeine, die Einheit in der Vielheit, die Verbindung des Mannigfaltigen in Form und Mischung, die bewegenden und belebenden Kräfte und die Gesetze, nach welchen die Kräfte wirken, zu entdecken; sie endlich ordnet die Experimente, weiß gewisse Erscheinungen unter gewissen Bedingungen hervorzurufen und der Natur selbst die Fragen vorzulegen. Nur auf diesem Wege greift die sinnliche Erkenntniß in ein Höheres über und über die bloße Sinnenwelt hinaus, und hierin eben liegt der verborgene Trieb und der ahnungsvolle Reiz, welcher aller denkenden Beobachtung zu Grunde liegt. Sie weiß nichts von zweierlei neben einander bestehenden Naturen, von denen die eine belebt, die andere unbelebt ist, ihr ist die ganze Natur ein lebendiges Ganze, der Inbegriff der

Naturdinge und Naturkräfte. Indem auf solche Weise der zergliedernde und ordnende Verstand an der Hand der Beobachtung in seine Rechte eintritt, erbaut er sich diejenige Wissenschaft, die wir Naturlehre im weitern Sinne nennen. Sie umfaßt Alles, was die Entdeckungen der letzteren Zeitalter uns darbieten, widerlegt die überlieferten Irrthümer und die Zeugnisse schlecht beobachteter Thatsachen, sucht in den Erscheinungen kein anderes Geheimniß als das einer geregelten und fortschreitenden Entwicklung, lehrt uns in der Gegenwart die Analogie der Vergangenheit erkennen, und sucht, wie der Kosmos Humboldt's, die ganze Masse der Erscheinungen mit dem kombinirenden Blicke des Verstandes zu Einem Ganzen zusammen zu fassen.

Die physische Erdbeschreibung ist ein Theil der allgemeinen Naturlehre; sie beschränkt sich daher nicht auf bloße Erzählung und Beschreibung des Einzelnen, sondern fügt auch, wo es ihr möglich ist, die Erklärung und den Beweis hinzu, und erforscht das Gemeinsame, so wie den inneren Zusammenhang der Naturerscheinungen. Weil sie demnach ihre Gegenstände nicht nur aufzuzählen, sondern auch in den Zusammenhang von Ursache und Wirkung zu bringen hat, so ist sie eben deßhalb genöthigt, manche Lehren, die ihrem Zwecke förderlich sind, aus anderen Zweigen der Naturlehre zu entlehnen. Ausgeschlossen von ihr, als außerhalb den Kreis ihrer Betrachtungen fallend, bleibt Alles, was den Menschen, als Vernunftwesen, betrifft, indem sie es lediglich mit natürlichen Erscheinungen, Eigenschaften und Kräften zu thun hat.

Es gibt nun vornämlich zwei Gesichtspunkte, unter denen wir die Erde betrachten können. Entweder sehen wir in ihr den Planeten, ihre Beziehung zum Weltgebäude, d. i. wir betrachten sie als einen Theil eines größeren Ganzen; oder wir erblicken in ihr ein besonderes Ganzes für sich, einen selbstständigen Organismus, dem das Bestreben inwohnt, sich vermittelst der in ihm liegenden Naturkräfte zu einem Ganzen auszubilden, und dessen Bildungsprozeß ein theils noch dauernder, theils vergangener ist. Die physische Erdbeschreibung zerfällt demnach in zwei Haupttheile, von denen der erste gewöhnlich die mathematische, auch astronomische, der zweite die physikalische Erdbeschreibung genannt wird. Jene betrachtet unsere Erde in ihren kosmischen Beziehungen und als einen mathematischen Körper, dessen Größe und Gestalt sie bestimmt und dessen Bewegungen und Einwirkungen auf andere Himmelskörper sie kennen lehrt; diese dagegen entwickelt das planetarische Leben der Erde ohne ausdrückliche Beziehung auf den Menschen, holt dagegen von den kosmischen Verhältnissen nach, was die mathematische Erdbeschreibung aus ihrer Sphäre verwiesen hatte, und führt uns ein in das Reich der mannigfaltigen Erscheinungen und Wirkungen des Erdganzen, indem sie dieselben aus physikalischen Ursachen zu erklären sucht.

Anmerkung. Da die Erde der Wohnsitz und Tummelplatz organischer Wesen ist, so hat die physikalische Geographie auch die Bedingungen und Gesetze zu erforschen, unter denen Pflanzen und Thiere in größeren Massen auf der Erdoberfläche verbreitet sind. Die Organographie macht somit einen Theil der physikalischen Geographie aus, ist aber absichtlich aus dem Umfang dieses Buches ausgeschlossen.

Vorbegriffe.

§ 1. Wir nehmen Wasser wahr, das nach und nach als Dampf in die Höhe steigt und unsichtbar in der Luft verschwindet; der in die Höhe gestiegene, in ihr schwebende Wasserdampf wird wieder sichtbar, indem er sich zu Wolken verdichtet; die Wolken nehmen verschiedene Gestalten an, und es fällt aus ihnen Regen, Schnee und Eis, in Gestalt von Hagelkörnern, zur Erde nieder.

Wir sehen in diesem Beispiele dasselbe Ding sich verschieden gestalten und verkleiden, es ist nach einander Wasser, Dampf, Wolke, Regen, Schnee und Eis, und Eins wird aus dem Anderen. Diese verschiedenen Gestalten, unter denen es uns erscheint, sind aber nicht es selber, es ist weder die eine, noch die andere; denn es konnte seine früheren Gestalten, wie ein Kleid, ebenso wol ablegen, als es ohne die späteren zuvor bestand. Sie sind nur verschiedene Beschaffenheiten von ihm und ihm alle zufällig, weil sein Bestand durch den Wechsel derselben nicht im Mindesten gefährdet wird. Daher erkennen wir es selber sinnlich weder durch die eine, noch durch die andere dieser Beschaffenheiten; wir nennen es aber **Materie**, und meinen damit das Gestaltlose, Unbestimmte, ein Etwas, das erst noch zu gewärtigen hat, was aus ihm werden soll, das also nicht selber der Grund seines Werdens und der mit ihm stetsfort vorgehenden Veränderungen ist. Wir nennen diesen Grund, zum Unterschied der Materie, **Kraft**, und bezeichnen damit die Ursache des steten Wechsels und der Reihe unaufhörlicher Veränderungen, die wir an den Dingen außer uns wahrnehmen. Wir haben aber Kraft und Materie in gegenseitiger Beziehung, in innigem Verhältniß zu einander zu denken, und schon die bloße Erfahrung lehrt uns, daß Materie niemals und nirgends für sich allein angetroffen wird, sondern immer **Einzelnes**, **Kraftbestimmtes**, durch Kraft Gewordenes und Gestaltetes. Eben darum entziehen sich auch beide, Kraft und Materie, unserer Sinneserkenntniß, indem wir die Materie nur aus ihren Gestalten, die Kraft nur aus ihren Wirkungen **begreifen**. Man wird ferner nicht nur von Kraft und Materie **überhaupt**, sondern von dieser und jener Kraft, von dieser und jener Materie zu reden haben. Wirklich nimmt man

verschiedene Arten von Materie oder Stoff an, indem die Thatsache, daß die uns erscheinenden Gestalten der Materie so außerordentlich mannigfaltig und verschieden sind, sich schwer mit der Annahme vereinigen zu lassen scheint, daß ihnen allen ein einziger einfacher Stoff zu Grunde liege, gleichsam der Träger derselben sei und sich zu einer solchen Fülle verschiedenartiger Bildungen entfalte. Ebenso war man geneigt, die unendliche Menge zum Theil sehr verschiedenartiger Wirkungen nicht einer einzigen Kraft allein, sondern mehreren Kräften zuzuschreiben, so jedoch, daß eine derselben entschieden als Grundkraft aller Materie angesehen wird.

Wem es gelingt, in der steten Veränderlichkeit irdischer Erscheinungen das Geregelte in ihnen, das Beharrliche und Nothwendige zu erkennen, der hat die Art und Weise der Wirksamkeit einer Kraft erkannt; die Regel, in welcher er diese ausspricht, heißt ein Naturgesetz.

§ 2. Indem wir Materie denken, denken wir sie auch als ausgedehnt oder raumerfüllend und beginnen damit eine Theilung, die immer weiter kann fortgesetzt werden, weil auch der Raum, den sie erfüllt, immer weiter getheilt werden kann. Man sagt daher, die Materie sei in's Unendliche theilbar, und meint damit, daß es unmöglich sei, bei noch so lange fortgesetzter Theilung zu den letzten einfachen Theilchen zu gelangen. Je näher in einem Körper diese Theilchen vereinigt sind, desto dichter ist derselbe; Blei z. B. ist dichter als Eisen, weil im Blei die Bleitheilchen näher mit einander vereinigt sind als die Eisentheilchen im Eisen, also in einem gleich großen Raume mehr Blei- als Eisentheilchen enthalten sein werden. Es ist aber kein Körper absolut dicht, vielmehr sind alle Körper porös, d. h. es befinden sich zwischen ihren kleinsten Theilchen von der Körpermasse nicht erfüllte Räume, die kleiner oder größer sein können. Die Porosität der Körper zeigt sich uns z. B. im Durchschimmern des Lichtes durch dünne Goldblättchen, in der Wirkung des Magnetes durch Glas und Holz, im Entweichen der Luft aus Eiern u. s. w. Die Theilchen, aus denen die Körper zusammengesetzt sind, gehören in den meisten Fällen verschiedenartigen einfachen Stoffen an, welche man Elemente, Elementarstoffe nennt. Es können diese Elemente zwar durch mechanische Mittel noch weiter in gleichartige Theile getheilt werden, aber sie lassen sich auf keine Weise mehr in unter einander und vom Ganzen verschiedene Stoffe theilen. So kann man z. B. wol Schwefel oder Kupfer zu Staub zerstoßen; es wird aber jedes Stäubchen selbst wieder Schwefel oder Kupfer sein und nicht weiter in verschiedenartige Stoffe zerlegt werden können. Man zählt bis jetzt 54 einfache Stoffe, die als Elemente gelten, von denen 41 metallischer Natur sind. Nur wenige derselben kommen in der Natur rein vor, sondern in der Regel trifft man sie in unzähligen Verbindungen unter einander, aus denen sie die Chemie rein darstellen lehrt. Unter diesen Elementen gibt es einige, die zu den wichtigsten gehören, theils wegen ihrer allgemeinen

Verbreitung auf unserem Planeten, theils weil sie in Verbindungen auftreten, in denen sie sich für das Leben desselben und für eine große Zahl von Erscheinungen als sehr wichtig erweisen; es sind: Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff.

Unter diesen Elementen ist der Sauerstoff das in der Natur verbreitetste; denn im freien Zustande bildet er einen Hauptbestandtheil der Atmosphäre, gebunden mit Wasserstoff, einen Hauptbestandtheil des Wassers, kommt zudem überaus häufig in der uns bekannten starren Erdrinde vor und wird endlich in allen organischen Verbindungen angetroffen. (Sauerstoff bezeichnet die Materie des Elementes, Sauerstoffgas das Element in luftförmigem Zustande. Dasselbe gilt auch für die übrigen Elemente.) Das Sauerstoffgas, durchsichtig, farb-, geruch- und geschmacklos, ist im Verhältniß von 1,1026 : 1,0000 schwerer als die atmosphärische Luft, diese = 1 angenommen und bis jetzt weder durch Kälte noch durch Druck zur Flüssigkeit verdichtet worden. Kein Körper brennt ohne die Gegenwart von Sauerstoffgas, es allein unterhält die Flamme und verbindet sich während des Verbrennens mit dem brennbaren Stoffe. Ist in einem abgesperrten Gefäße, in welchem ein Körper brennt, der Sauerstoff verbraucht, so erlischt der Körper; wird eine brennende Wachskerze ausgeblasen, und, während der Docht noch glimmt, in ein mit Sauerstoffgas gefülltes Gefäß getaucht, so entzündet sie sich sogleich wieder und brennt mit großem Glanze fort. Glimmender Zündschwamm brennt im Sauerstoffgase mit Flamme und glühende Kohle unter lebhaftem Funkensprühen. Somit brennen die Körper im Sauerstoffgas mit viel größerer Lebhaftigkeit als in der athmosphärischen Luft, und sie brennen in der Luft nur, weil dieses Gas in ihr enthalten ist; ja es ist in dem Grad ein vortrefflicher Zündstoff, daß selbst Eisen in Form von Draht oder einer Stahlfeder darin zum Brennen gebracht wird, indem es mit starkem weißem Lichte brennt, häufige Funken sprüht und von Zeit zu Zeit geschmolzene Eisenkügelchen fallen läßt, die eine so hohe Temperatur besitzen, daß sie noch einige Zeit unter dem Wasser glühend bleiben und tief in Glas einschmelzen. Wegen dieser Eigenschaft des Sauerstoffgases, das Verbrennen entzündeter Körper am besten zu unterhalten, hat es den Namen Feuerluft erhalten. Es ist zugleich aber auch Lebensluft. Denn die zum Leben unmittelbar wichtigste Verrichtung ist der Athmungsprozeß, als dessen Wächter Angst und Schmerz bestellt sind, die sich unverzüglich einstellen, sobald Unterbrechung derselben droht. Durch die absorbirenden Gefäße und durch die Venen wird der verbrauchte Körperstoff in eine Abtheilung des Herzens und von da in die Lunge geführt; hier wird der Sauerstoff der eingeathmeten Luft von dem dunkeln Venenblute absorbirt, das dadurch eine schöne hellrothe Farbe bekommt und wahrscheinlich auch seine Wärme; durch den Athmungsprozeß gereinigt, kehrt das Blut aus den Lungen in eine andere Abtheilung des Herzens zurück, von wo es durch die Kraft dieses höchst em-

pfindlichen Muskels und der Arterien nach allen Theilen des Körpers getrieben wird. Erst dieses gereinigte Blut befördert sämmtliche Lebensverrichtungen, Ernährung und Wachsthum des Körpers, indem es die Produkte der Verdauung und Assimilation enthält, die dazu bestimmt sind, die ausgeschiedenen Stoffe zu ersetzen. Das unausgesetzte Einathmen des Sauerstoffes allein würde aber für uns und die Thiere nachtheilig sein, indem nach längerem Einathmen der Blutumlauf sehr beschleunigt wird und sich ein Zustand großer Erregung zeigt, auf welche Schwäche und endlich der Tod erfolgt. So groß ist diese Erregung, daß selbst, nachdem das Athmen bereits aufgehört hat, das Herz noch in heftiger Bewegung ist. Nur in seiner atmosphärischen Mischung mit Stickgas ist das Einathmen des Sauerstoffgases dem thierischen Organismus zuträglich. — Der Sauerstoff kann, mit Ausnahme eines einzigen, sich mit allen andern Elementen verbinden und beweist dadurch recht eigentlich seine elementarische Natur. Man nennt solche Verbindungen im weitern Sinne Oxyde, den Verbindungsprozeß selber Oxydation und deßhalb den Sauerstoff auch Oxygen. Körper, welche sich mit Sauerstoff verbinden, werden in ihren Eigenschaften sehr verändert; verbindet sich z. B. bei Siedhitze Quecksilber mit Sauerstoff, so wird es in ein rothes Pulver verwandelt. Das Wort Oxyd wird jedoch nur selten in der allgemeinen Bedeutung für Sauerstoffverbindung überhaupt gebraucht, sondern es bezeichnet in der Regel Sauerstoffverbindungen entweder mit leichten Metallen, d. i. Alkalien und Erden, oder mit schweren Metallen, d. i. eigentlicher Metalloxyde. Die Verbindungen, welche der Sauerstoff mit wenigen Ausnahmen mit nichtmetallischen Elementen bildet, heißen Säuren, wie z. B. Schwefelsäure, Kohlensäure. Sie zeigen häufig einen sauren, ätzenden Geschmack und besitzen die Eigenschaft, frische Pflanzenfarben zu verändern, aber auf eine den Alkalien entgegenwirkende Weise. Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit Alkalien, oder Erden, oder Metalloxyden werden Salze genannt, und die drei zuletzt genannten Sauerstoffverbindungen Salzbasen.

Nicht so verbreitet wie der Sauerstoff ist der Stickstoff, wiewol er etwa 4/5 der athmosphärischen Luft ausmacht und namentlich einen Hauptbestandtheil des thierischen Organismus bildet. Das Stickstoffgas ist durchsichtig, geruch- und geschmacklos und ein wenig leichter als athmosphärische Luft, indem sein specifisches Gewicht = 0,9691 ist. Es unterscheidet sich vom Sauerstoff in mehreren wichtigen Punkten. Während daß nämlich der letztere das gesellschaftsliebendste unter allen Elementen ist und eine zahlreiche Menge von Verbindungen eingeht, selbst bei gewöhnlicher Temperatur; so verbindet sich dagegen der Stickstoff nicht direkt mit irgend einem anderen Elemente, und dieß ist der Grund, warum manche Chemiker an seiner elementarischen Natur zweifeln. Ein Licht ferner, das im Sauerstoffgas mit ausgezeichneter Flamme brennt, erlischt augenblicklich im Stickgas, und, zum Athmen nicht tauglich,

sterben Thiere schnell in demselben, nicht weil es an sich schädlich wäre, sondern wegen Mangel an Sauerstoff, der zum Athmen unumgänglich nothwendig ist. Wegen dieser letzteren Eigenschaft heißt es eben Stickgas oder Azot. Weil aber das Einathmen von Sauerstoffgas allein, wenn es längere Zeit fortgesetzt wird, eine große und gefährliche Aufregung im thierischen Körper zur Folge hat, so scheint der athmosphärischen Luft das Stickgas als nützliches Verdünnungsmittel beigegeben zu sein. Wird der Stickstoff mit Sauerstoff erhitzt, so verbrennt er nicht, noch wird er überhaupt oxydirt, wol aber verbindet er sich mit demselben zu Salpetersäure, wenn man durch ein Gemisch beider Gase elektrische Funken schlagen läßt.

Der Wasserstoff findet sich in der Natur nicht frei, ist aber ein Hauptbestandtheil des Wassers und geht fast in alle organische Körper ein. Er ist farb- und geschmacklos und in reinem Zustande auch geruchlos; sein spezifisches Gewicht beträgt blos 0,0689, er ist somit sehr leicht und überhaupt der leichteste Körper in der Natur. Seifenblasen mit diesem Gase gefüllt, steigen in die Luft auf. Von den beiden früheren Gasen unterscheidet sich Wasserstoffgas hauptsächlich dadurch, daß es höchst brennbar ist; seine Flamme, obgleich schwach leuchtend, ist sehr heiß. Man kann ein Gemisch von Sauerstoff- und Wasserstoffgas lange Zeit in einem Glasgefäße aufbewahren, ohne daß sie sich verbinden, durch eine Flamme oder einen elektrischen Funken wird aber die Verbindung sogleich veranlaßt. Besteht das Gemisch aus 2 Maß Wasserstoffgas und 1 Maß Sauerstoffgas, so ist das Resultat der Verbindung Wasser, woher eben der Name Wasserstoffgas oder Hydrogen. Einathmen läßt sich das Wasserstoffgas einige Augenblicke lang ohne Gefahr, bringt aber zuletzt Ohnmacht hervor.

Der Kohlenstoff, dessen Dampf ein spezifisches Gewicht von 0,843 haben soll, findet sich in der Natur ungemein häufig in Verbindungen, so in der Steinkohle, in welcher er den Hauptbestandtheil ausmacht, im Kalkfels und in allen organischen Körpern; frei in der Natur kommt er als Demant und Graphit vor. Mit Sauerstoff bildet er die Kohlensäure, die immer in der athmosphärischen Luft angetroffen wird. Höchst merkwürdig ist seine Verbindung mit Eisen, das dadurch zu Gußeisen und Stahl umgeschaffen wird und in seinen physischen Eigenschaften Schmelzbarkeit, Dehnbarkeit und Härte auf eine auffallende Weise verändert wird.

Nach der Art des Zusammengefügtseins ihrer Theilchen erscheinen uns die Körper in verschiedenen Zuständen und unter wechselnden Gestalten, so daß sie hiernach im Allgemeinen in starre, tropfbar-flüssige und elastisch-flüssige eingetheilt werden. Ein und derselbe Körper kann nach einander in allen drei Zuständen erscheinen, ohne daß darum in seiner Natur etwas geändert, seine wirklichen und wesentlichen Bestimmungen andere würden. Einen großen Einfluß auf diese Zustände übt die Wärme aus, durch welche sehr feste

Körper in den tropfbaren oder luftförmigen Zustand versetzt werden können. Es gibt indeß Körper, die bei jeder Temperatur luft- oder gasförmig sind. — Starre oder feste Körper nennt man solche, bei welchen die Kraft des Zusammenhangs von einem Punkte aus mit ungleicher Stärke, also nach gewissen Richtungen stärker, nach anderen schwächer wirkt. In diesem Zustande behalten alle Theile des Körpers ihre einmal angenommene gegenseitige Stellung, und es ist eine größere Kraft nöthig als diejenige ist, welche den Zusammenhang bewirkt, um diese gegenseitige Stellung der Theile zu ändern, wobei aber der Zusammenhang selbst aufgegeben wird. Bei tropfbar-flüssigen Körpern dagegen wirkt die Kraft des Zusammenhangs von jedem Punkte aus nach allen Richtungen mit gleicher Stärke; deßhalb gestalten sie sich im freien Zustande zu Tropfen, sie kugeln sich, bilden dagegen im unfreien Zustande und in Ruhe eine völlig horizontale Oberfläche, während die übrigen Begrenzungsflächen die Gestalt des umschließenden Körpers annehmen. Bei tropfbar-flüssigen Körpern läßt sich die gegenseitige Lage der Theilchen leicht ändern und die geringste Kraft reicht hin, diese Aenderung zu bewirken, ohne daß darum der Zusammenhang aufgegeben wird. Dies ist eben der Begriff des Flüssigen. Erst wenn die ändernde Kraft stärker ist als der Zusammenhang, wird dieser überwältigt und die flüssige Masse theilt sich, kann sich aber sogleich wieder vereinigen, während die durch die mechanische Gewalt in kleine Theile getrennte Masse starrer Körper in einzelnen Stücken, oder als Pulver erscheint. Ein anderer Unterschied beider Zustände, des starren und des flüssigen, besteht darin, daß die einzelnen Theile eines flüssigen Körpers bewegt werden können, ohne daß zugleich der ganze Körper bewegt wird, während zugleich der ganze starre Körper bewegt wird, sowie die Theile desselben bewegt werden. Gemeinschaftlich ist beiden das Festgehaltenwerden jedes einzelnen denkbaren Theilchens von allen übrigen, am stärksten natürlich von den zunächst gelegenen; dadurch also Anziehung der Masse auf jeden darin befindlichen Theil bezogen, und umgekehrt; daher das Bestreben, ein Ganzes zu bilden und der Theilung und Zersplitterung sich entgegenzusetzen; jedoch ohne das Bestreben, einen größeren als den einmal gegebenen Raum zu erfüllen, wie sich dies bei den luftförmigen Körpern findet. Das Ausdehnungsstreben ist das unterscheidende Merkmal der Körper im elastisch-flüssigen, luft- oder gasförmigen Zustande; sie zeigen daher noch weniger starken Zusammenhang ihrer Theile als die tropfbaren, so daß ihre Theilchen im höchsten Grade verschiebbar sind und ihrem Zusammengefügtsein keine besondere Gestalt zukommt. Die geringste Kraft genügt, um eine veränderte Lage der Theilchen eines luftförmigen Körpers zu bewirken, die Theilchen sind aber stets bestrebt, die frühere Lage wieder einzunehmen, oder den aufgehobenen Zusammenhang unter ihnen wieder herzustellen. Eine merkwürdige Eigenschaft der luftförmigen Körper ist das, was man Diffusion derselben nennt. Wer Wasser und Oel mit einander mengt, weiß

wol, daß beide nicht gemengt bleiben, sondern sich rasch wieder trennen, denn beide ordnen sich nach ihren Dichtigkeiten, das leichtere zu oberst, das schwerere zu unterst. Anders verhält sich dies bei Gasen oder Dämpfen flüchtiger Körper, indem zwei Gase oder Dämpfe von ungleichem Gewicht, wenn sie sich einmal gemengt haben, kein Bestreben zeigen, sich zu trennen. Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge von zwei solchen Gasen. Läßt man eine mehrere Fuß lange Glasröhre Monate lang an einem ruhigen Orte aufrecht stehen, so findet man doch nachher die Luft oben und unten in der Röhre von gleicher Beschaffenheit, während daß man vermuthen sollte, das schwerere Gas müßte während dieser Zeit gesunken, das leichtere aufgestiegen sein. Es zeigen daher zwei oder mehrere Gase, denen man den Zutritt zu einander gestattet, ein ausgezeichnetes Bestreben, sich zu vermischen oder einander zu durchdringen, selbst der Wirkung ihres Gewichtes entgegen.

§ 3. Die Materie trägt den Grund der Veränderung nicht in sich, hieß es oben (§ 1.) Es befinde sich frei im Raum schwebend eine Kugel in Ruhe, so wird sie in diesem Zustande so lange verharren, bis eine ihr äußere Kraft, z. B. ein Stoß sie in Bewegung setzt. In diesem neuen Zustande wird sie nun wieder so lange verharren, und zwar mit der anfänglichen Geschwindigkeit und in der anfänglichen Richtung, bis eine andere Kraft sie entweder in Ruhe versetzt, oder ihre Geschwindigkeit vermehrt, oder ihre Richtung ändert, in welchem Falle sie wieder so lange in Ruhe bleibt, oder sich so lange schneller, oder in veränderter Richtung bewegt, bis sie wieder durch eine äußere Ursache in einen anderen Zustand versetzt wird u. s. w. Diese Eigenschaft der Körper, ihren Zustand nicht zu ändern, ohne durch äußere Ursachen dazu gezwungen zu sein, heißt ihr Beharrungsvermögen (Gesetz der Trägheit). Aber die Körper werden von Außen nicht nur aus der Ruhe in Bewegung und aus Bewegung in Ruhe versetzt, sondern es zeigt sich auch, daß ihr Beharren in dem bestimmten Zustande zugleich ein kräftiges, ein Widerstand leistendes ist, und die Trägheit erscheint somit eben durch diesen Widerstand als Kraft der Trägheit (vis inertiæ), die sich äußert durch Trägheit, wenn die Bewegung vermehrt, und durch Thätigkeit, wenn sie vermindert werden soll.

Unter der oben (§ 1) angedeuteten Grundkraft aller Materie ist aber nicht die Kraft der Trägheit, sondern diejenige Kraft verstanden, vermöge welcher der geworfene Stein oder das Hagelkorn zur Erde fällt und Planeten um Sonnen und Sonnen um Sonnen laufen. Newton entdeckte diese Kraft und nannte sie Schwerkraft (Attraktions- und Gravitationskraft); es wird erzählt, daß eine allbekannte Thatsache, der Fall der Körper, die Veranlassung zu dieser wichtigen Entdeckung gewesen sei. Die Wirksamkeit dieser Kraft äußert sich dadurch, daß ihr zufolge alles Materielle das andere anzieht und von ihm angezogen wird, demnach das Bestreben zu gegenseitiger Verbindung hat, und der Ausdruck ihres Gesetzes ist sehr einfach von Newton selbst ge-

geben worden. Er lautet: Jeder Körper übt auf jeden anderen Körper eine anziehende Kraft aus, deren Quantität (Größe ihrer jedesmaligen Wirkung) sich direkt verhält, wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat seiner Entfernung. Man ersieht hieraus, daß nicht die verschiedenartige Beschaffenheit der Körper, sondern überall die Quantität der Materie die Ziehkraft bestimmt, und daß somit die Schwerkraft nichts anderes ist, als das Resultat aus der Anziehung der Gesammtmasse, oder aller einzelnen Theile eines Körpers, sei derselbe ein Himmelskörper, ein Berg, oder irgend etwas anderes.

Die Schwere eines Körpers wird in einem Punkte vereinigt gedacht, um welchen herum die einzelnen schweren Theilchen im Gleichgewichte stehen. Dieser Punkt heißt der Schwerpunkt, und es ist allemal der ganze Körper unterstützt, wenn der Schwerpunkt unterstützt ist. Dies ist immer der Fall. wenn die senkrechte, durch den Schwerpunkt gezogene Linie auch durch die Unterstützungsfläche geht. Es kann daher eine Kugel nur auf einer horizontalen, nicht aber auf einer geneigten Fläche ruhen. Bei einer Kugel und somit bei allen Himmelskörpern, die eine kugelähnliche Gestalt haben, liegt der Schwerpunkt im Zentrum; es zieht daher z. B. die Erde auch jeden Körper so an, als wäre ihre ganze Masse in ihrem Mittelpunkte vereinigt, und es muß deßhalb jeder von ihr angezogene und frei auf sie fallende Körper in der Richtung der Normale fallen, weil er, von den Erdtheilen vor, neben und hinter ihm gleichmäßig gezogen, nur die mittlere Richtung zwischen diesen ziehenden Kräften, d. i. die senkrechte, annehmen kann. In der Astronomie werden die gegenseitigen Anziehungen der Himmelskörper durch die Gravitation auf ihre Mittelpunkte zurückgeführt.

Weil die Erdschwere, als die Wirkung aller einzelnen Theile der Erde, stets gleich bleibt, so wird sie auch bei gleicher Entfernung auf alle Körper gleich stark wirken; alle Körper werden somit gleich schwer sein. Es ist nun zwar die Anziehung in der Körperwelt eine gegenseitige, und es wird darum auch der Stein seinerseits die Erde anziehen; allein bei seiner im Verhältniß zur Erde verschwindend kleinen Größe ist seine Anziehung nothwendig ganz unmerklich und kann deshalb unberücksichtigt bleiben. Weil ferner durch die Schwerkraft in jedem Körper jedes einzelne Körpertheilchen bewegt wird, so fallen auch alle Körper, denen kein Hinderniß im Wege steht, gleich schnell. Ein Stück Gold und ein Stück Papier, im luftleeren Raum von derselben Höhe und im nämlichen Augenblicke fallen gelassen, erreichen zu derselben Zeit den Boden. Etwas anderes ist die Wirkung, welche alle Theile des Gold- oder Papierstückes durch die von der Schwere erhaltene Geschwindigkeit hervorbringen; sie wird nothwendig mit der Zahl dieser Theilchen im Verhältniß stehen. Die Zahl der schweren Theilchen eines Körpers ist dessen Masse, und die Wirkung, die er durch die Totalsumme seiner schweren Theilchen her-

vorbringt, dessen Gewicht. Dieses wird bestimmt durch den Grad des Druckes, den ein Körper auf einen unterstützenden Gegenstand ausübt, oder durch die Gegenkraft, die man anwenden muß, um ihn vom Falle abzuhalten; diese Gegenkraft hat sich nicht nach der Geschwindigkeit der Körper, sondern nach der Menge der mit dieser Geschwindigkeit begabten Theilchen zu richten. Dagegen werden die Grade der Schwere bloß durch die Geschwindigkeit gemessen, mit der ein Körper fällt, so daß man sagt: ein Körper, mag die Zahl seiner fallenden Massentheilchen groß oder klein sein, sei da, wo er schneller fällt, schwerer als da, wo er langsamer fällt. — Bestimmt man das Gewicht eines Körpers ohne Berücksichtigung seiner Ausdehnung (seines Volumens), so ist dies das absolute Gewicht, welches mit der Masse eins und dasselbe ist; wird dabei aber zugleich auf sein Volumen Rücksicht genommen, so erhält man das relative oder spezifische Gewicht, welches sich nach der Dichtigkeit des Körpers richtet.

§ 4. Wir haben hier zwei Bewegungsarten näher zu betrachten, welche beide Wirkungen der Schwerkraft sind und von dem Umstande abhangen, ob der von einem anderen angezogene Körper sich ursprünglich in Ruhe oder Bewegung befand. War der angezogene Körper ursprünglich in Ruhe, so ist die Wirkung der senkrechte Fall gegen das Zentrum der Anziehung, wodurch eine gradlinige Bewegung entsteht; war er aber ursprünglich in Bewegung, so ist die Wirkung die Ablenkung von der geraden Richtung der ursprünglichen Bewegung nach der Seite des anziehenden Körpers hin, was eine krummlinige Bewegung zur Folge hat. In beiden Fällen kann eine Hemmung oder Schwächung der Bewegung durch ein Medium, welches die Körper bei der Bewegung durchschneiden, eintreten. Die Wirkung eines solchen Mediums ist Verlangsamerung, Retardation der Bewegung, da ein Theil der Kraft, die sonst ganz zur Bewegung verwendet würde, auf Ueberwindung des Widerstandes, auf Verdrängung des Mediums aus der Bahn des Körpers verwendet werden muß. Für den Fall der Körper auf der Erde ist das die Bewegung vermindernde Medium die atmosphärische Luft, welche verhindert, daß hoch herabfallende Körper ihre volle Fallgeschwindigkeit behalten und oft eine sehr beträchtliche Retardation derselben bewirkt. Für die Bewegung der Weltkörper scheint der überall im Weltraum verbreitete Aether dieses hemmende Medium zu sein; wenigstens ist in neueren Zeiten durch Enke ein solches als sehr wahrscheinlich nachgewiesen worden. Wir betrachten hier die genannten beiden Bewegungsarten ohne Berücksichtigung der Schwächung, welche sie durch ein solches Medium erleiden, und beginnen mit dem senkrechten Fall.

a. Wenn die Schwere durch die ganze Zeit des Fallens mit gleicher Stärke auf einen Körper wirkt, so wird seine Bewegung eine gleichförmig beschleunigte sein. Sein Fall stellt sich dar als die Wirkung zweier Kräfte, einer beschleunigenden, welche in jedem Zeitmoment einen und zwar denselben

Zug macht, und der Kraft der Trägheit, welche die in jedem Zeitmoment erhaltene Geschwindigkeit fortsetzt, und es wird demnach der Raum, den der Körper im zweiten gleich großen Zeittheilchen durchläuft, größer sein als der war, den er im ersten durchlaufen hat u. s. w. Setzt man die anfängliche Geschwindigkeit = g, so wird die Geschwindigkeit am Ende des ersten Zeittheilchens = 2 g sein, und geht die Zunahme derselben nach gleichen Gesetzen weiter, so wird sie am Anfange des zweiten Zeittheilchens = 3 g, am Ende desselben = 4 g, am Anfange des dritten = 5 g u. s. w. sein, so daß also bei dieser Art der Bewegung die in gleichen Zeiten durchlaufenen Räume zunehmen wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7..., und ein Körper im zweiten Zeittheilchen dreimal, im dritten fünfmal, im vierten siebenmal so weit, d. i., so geschwind fällt als im ersten. Demnach findet man die Endgeschwindigkeit, die ein frei fallender Körper nach einer gewissen Zeit erlangt hat, wenn man die Zahl der Zeittheilchen mit dem doppelten Fallraum im ersten Zeittheilchen multiplizirt. Sind die Zeittheilchen Sekunden und ist der doppelte Fallraum in der ersten Sekunde = 30 Fuß, so ist leicht zu berechnen, welche Geschwindigkeit ein Körper zu Ende der ersten Minute habe. So kann man die Schwere durch die Größe des Raumes messen, durch den sie in einer gegebenen Zeit einen Körper fallen macht. Es ist aber nicht außer Acht zu lassen, daß bei diesen Angaben der Raum als luftleer und die Schwerkraft der Erde selbst als unveränderlich angenommen wurde. Keine dieser beiden Voraussetzungen findet aber in der Wirklichkeit Statt; vielmehr ist die Luft das Medium, durch welches der Körper fällt und das bei großen Fallräumen seine Bewegung beträchtlich retardirt; ebenso ist mit der Entfernung des Körpers vom Zentrum der Anziehung eine Verminderung des Falls, mit vermindertem Abstande aber Zunahme der Schwerkraft verbunden, und es versteht sich von selbst, daß bei genauen Versuchen alle diese Umstände berücksichtigt werden müssen.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn statt einer fortwährend wirkenden Kraft eine augenblicklich wirksame, z. B. ein Stoß, angenommen wird. Ist die durch den Stoß erhaltene Geschwindigkeit = g, so wird sie in Folge des Beharrungsvermögens des Körpers unverändert bleiben, bis etwa ein Widerstand sie schwächt oder aufhebt, und die hervorgebrachte Bewegung wird innerhalb 12 Sekunden = 12 g sein. Hier ist also die Geschwindigkeit gleichförmig und die Bewegung der Zeit proportional, während bei der fortwirkenden Schwere die Kraft konstant, die Geschwindigkeit der Zeit und die Bewegung dem Quadrate der Zeit proportional ist.

Wäre die Quantität der Erdmaterie größer als sie ist, so würde, da nach § 3 durch sie die Ziehkraft bestimmt wird, ein Körper auf ihrer Oberfläche geschwinder fallen. Die Fallgeschwindigkeit wird daher auf den verschiedenen Himmelskörpern unsers Sonnensystems verschieden sein und sich nach der Masse

derselben richten. Wenn ein Körper auf der Oberfläche der Erde in der ersten Sekunde durch etwa 15 par. Fuß fällt, so fällt er auf dem Mars bloß durch 6,3, dagegen auf dem Jupiter durch 38,8 und auf der Sonne durch 428,25 par. Fuß.

Das Gegentheil des Fallens ist das Steigen eines Körpers, der senkrecht in die Höhe geworfen wird. In diesem Falle wirkt die Schwere der Wurfkraft entgegen, und die Geschwindigkeit des in die Höhe steigenden Körpers nimmt in demselben Verhältniß ab, in welchem die Geschwindigkeit des herabfallenden zunimmt, also wie die ungeraden Zahlen 7, 5, 3, 1. Der in die Höhe geworfene Körper müßte, dem Gesetze der Trägheit gemäß, in gleichen Zeiten durch gleiche Räume aufsteigen, seine Bewegung müßte eine gleichförmige sein, weil die Kraft, die ihn geworfen, eine augenblickliche war; indem ihn aber wegen der Schwerkraft das Bestreben zu fallen nicht verläßt, so wird er in der ersten Sekunde g, in der zweiten 3 g, in der dritten 5 g herabfallen, bis die letzte Größe seiner Anfangsgeschwindigkeit gleich ist und er in den Zustand der Ruhe kommt. Bis zu diesem Punkte ist er mit abnehmender Geschwindigkeit gestiegen und fällt von demselben mit zunehmender Geschwindigkeit, bis er an den Ort seines anfänglichen Steigens wieder anlangt. Die Räume, die er in die Höhe beschreibt, verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten, wenn man beide vom Ende gegen den Anfang des Steigens zählt, und der Körper gebraucht somit, um aufzusteigen und herabzufallen, die doppelte Zeit, als er für das letztere allein bedürfte und kommt am ursprünglichen Ort mit eben der Geschwindigkeit an, mit welcher er aufzusteigen anfing.

Der Fall des Körpers ist nicht immer ein senkrechter, das Herabrollen über eine geneigte Fläche ist ebenfalls ein Fallen, und unter den verschiedenen Arten des nicht senkrechten Falles ist besonders die Bewegung des Pendels zu bemerken. Wenn man an einem Punkte a, Figur 1 einen Faden und an dessen Ende im Punkte c irgend einen schweren Körper befestigt, welcher sich in dem Bogen bcd frei bewegen kann, so nennt man diese Vorrichtung ein Pendel. Der Körper bei c wird durch die Schwere den Faden senkrecht gegen die Horizontalebene e ziehen und ihn in dieser Richtung erhalten: wird aber der Körper durch eine äußere Ursache aus der Richtung ac in die von ab gebracht, so wird er, sich selbst überlassen, in der Richtung ab nicht ruhen, sondern, gezogen von der Schwere, mit beschleunigter Geschwindigkeit nach c zurückfallen, und da er die Bewegung in der Richtung bc erhalten hat, dem Beharrungsvermögen gemäß, in der Richtung ac nicht plötzlich ruhen, sondern von da mit abnehmender Geschwindigkeit nach d aufsteigen und zum Hinaufsteigen dieselbe Zeit verwenden, die er zum Herabfallen von b gebraucht hat. In d wird dann dasselbe erfolgen, was vorher in b geschah; der schwere Körper wird mit beschleunigter Geschwindigkeit nach c herabfallen

u. s. w. Diese Bewegung im Bogen bcd und rückwärts würde unaufhörlich fortdauern, wenn nicht der Widerstand der Luft und die Reibung an a sie allmälig verminderte, bis zuletzt das Pendel nach einer gewissen Anzahl von Schwingungen in der Richtung von ac wieder ruht. Wäre das Gewicht des Fadens gleich Null und bewegte sich das Pendel im luftleeren Raume, so hätte man das einfache Pendel; allein diese Bedingungen sind uns direkt zu erfüllen unmöglich; das einfache Pendel existirt nur in der Vorstellung, und man muß daher, wenn man das Pendel zu Beobachtungen gebraucht, dieselben durch Rechnung auf solche reduziren, wie sie durch ein einfaches Pendel, wäre ein solches möglich, erhalten worden wären. — Die Hin- und Herbewegung des Pendels heißt Pendelschwingung, Pendelschlag, die Bewegung von b bis d einfache, die von b bis d und wieder zurück zusammengesetzte oder ganze Schwingung. Die Dauer eines ganzen Schwunges nennt man Schwungzeit, die Linie ac Pendellänge und den Winkel cab oder cad den Aufhebungs- oder Elongationswinkel. Es könnte scheinen, als ob die Dauer eines Schwunges von der Größe des Schwingungsbogens oder Aufhebungswinkels abhienge; allein dem widerspricht die Erfahrung; der Schwingungsbogen mag groß oder klein sein, die Dauer eines Schwunges bleibt dieselbe. Denn ist der Bogen groß, so hat das Pendel da, wo die Schwingung anfängt, also z. B. in b eine steilere Bahn und gleich vom Anfang an eine größere Geschwindigkeit; ist dagegen der Bogen klein, so hat in demselben das Pendel nirgends eine so steile Bahn zu durchlaufen wie im größeren Bogen und darum auch keine so große Geschwindigkeit. Die Bogenweite entscheidet daher bei Pendelschwingungen nichts, wol aber die Pendellänge. Denn je länger das Pendel ist, desto flacher und weniger steil wird der Bogen, den er beschreibt, desto mehr nähert sich derselbe der horizontalen Linie ef, wie der Bogen xz zeigt. Auf einer horizontalen Linie hört aber das Fallen ganz auf. Es wird daher ein längeres Pendel mehr, ein kürzeres weniger Zeit zu einem Schwunge gebrauchen. Damit in unseren Breiten ein Pendel in einer Sekunde eine Schwingung mache und die folgenden Schwingungen in derselben Zeit vollende, muß die Pendellänge etwa 3′ 1″ 9‴ betragen. Die Dauer eines Pendelschlags hängt ferner vom Grad der Schwere des Körpers, oder was dasselbe ist, vom Grad der Anziehungskraft ab. Da nun in einem dichteren Körper mehr anziehende Theile sind als in einem weniger dichten von gleichem Volumen (Umfang), da ferner die Anziehung mit der Entfernung vom Mittelpunkte abnimmt, so muß sich dies am Pendel zeigen, indem es schneller, wenn die Anziehungskraft größer, langsamer fallen wird, wenn sie kleiner ist und daher auch seinen Schwung in kürzerer oder längerer Zeit vollendet. Wenn es auf der Erdoberfläche Stellen gibt, die dichter sind als andere, oder die weiter vom Erdmittelpunkte entfernt sind, so wird dies das Pendel durch die Zeit, die es zu einer Schwin-

gung braucht, anzeigen. Wollte man, daß das Pendel im letzteren Falle in beiden Gegenden zu einer Schwingung gleich viel Zeit, z. B. eine Sekunde gebrauche, so müßte man die Pendellänge ändern, so daß das Pendel einen steileren oder flacheren Bogen beschriebe; man müßte es in der Gegend, die vom Mittelpunkte entfernter ist, verkürzen, in der ihm näheren verlängern u. s. w. — Ein Pendel, welches in einer Sekunde gerade eine Schwingung verrichtet, heißt ein Sekundenpendel; es sind künstlich gearbeitete Instrumente, die, wie aus dem Obigen erhellt, ein vorzügliches Mittel abgeben, um die Schwerkräfte an zwei verschiedenen Orten der Erde zu messen, indem dieselben genau im gleichen Verhältnisse stehen, wie die Länge des Sekundenpendels an beiden Orten.

b. Im Bisherigen ist die Wirkung der Schwerkraft auf einen ursprünglich in Ruhe befindlichen Körper betrachtet worden; sehen wir nunmehr, welches ihre Wirkung auf einen ursprünglich in Bewegung befindlichen Körper sei, so treten uns andere und neue Verhältnisse entgegen. Der Körper erfährt in diesem Falle nach §. 4 eine Ablenkung von der geraden Richtung der ursprünglichen Bewegung nach der Seite des anziehenden Körpers hin; es entsteht eine Kurve, die zwar stets ein Kegelschnitt sein wird, die aber je nach der anziehenden Kraft und der ursprünglichen Bewegung eine verschiedene Form erhalten kann. Kegelschnitte erhält man, wenn man einen Kegel nach gewissen Richtungen durchschneidet. Es sei ABC, Figur 2, ein Kegel, also BC seine kreisförmige Grundfläche und A seine Spitze. Durchschneidet man ihn nach der Richtung ED parallel mit der Grundfläche, so wird die Schnittfigur ein Kreis und ED sein Durchmesser. Durchschneidet man ihn in einer schrägen Richtung FG, doch so, daß der Schnitt beide Seiten des Kegels trifft, so entsteht eine Ellipse, deren große Achse FG ist. Ein Schnitt HK, parallel mit der einen Seite des Kegels und also auch bei der weitesten Verlängerung dieselbe niemals treffend, gibt eine Parabel, deren große Achse, wie sie selbst, in's Unendliche fortläuft. Ein Schnitt LM endlich, der gegen beide Seiten des Kegels divergirt und über L hinaus verlängert, einen zweiten, dem ersten gerade entgegengesetzten Kegel treffen würde, gibt eine Hyperbel, die aus zwei Kurven besteht, deren Achsen in's Unendliche fortlaufen und einander kongruent sind.

Die erste bisher betrachtete Bewegung ist eine einfache, die Bewegung gegen das Zentrum der ziehenden Kraft, die zweite ist dagegen zusammengesetzt aus zwei Bewegungen, aus einer an Geschwindigkeit zunehmenden und einer anderen, welche eine gleichmäßige Geschwindigkeit beibehält; jene ist die Wirkung einer fortwährenden Kraft, der Schwerkraft, diese die eines einmaligen Stoßes oder Schwunges. Die zusammengesetzte Bewegung kann keine geradlinige sein, sondern muß eine Kurve bilden, die je nach der Richtung und dem Verhältniß der beiden Bewegungen eine gleiche oder un-

gleiche Krümmung, einen größeren oder kleineren Halbmesser hat. Es sei AB, Figur 3, die Richtung, in welcher sich ein Körper in Folge eines einmaligen Stoßes von A aus bewegt und in gleichen Zeiten gleiche Räume A 1, 1 .. 2 u. s. w. beschreibt. Die andere der beiden Bewegungen, erzeugt durch eine von A nach C hin wirkende Gravitation, befolge dagegen das Gesetz des freien Falls, sei also ungleichförmig und wachsend, so wird der Körper, wenn die Gravitation allein wirkte, in den gleichen auf einander folgenden Zeiträumen die Punkte 1, 2, 3, 4 u. s. w. auf AC einnehmen. Da nun beide Bewegungen zugleich gegeben sind, so ist klar, daß der Körper eine aus beiden zusammengesetzte Bewegung erhalten muß, daß er demnach am Ende des ersten Zeitraums nach I, am Ende der zweiten nach II u. s. w. geführt werden wird. Wirkte die Gravitation stoßweise, etwa in gleichmäßigen Intervallen, so würde eine gebrochene Linie, eine Bahn mit Ecken entstehen; allein sie ist eine fortwährend wirkende, in jedem Moment sich auf's Neue bethätigende Kraft, ohne jemals abzubrechen, und so muß sich auch die Richtung der durch die Punkte I, II, III.... gezogene Linie beständig ändern, sie wird folglich eine Kurve sein, die gegen den Schwerpunkt der Bewegung konkav ist.

Ob nun aber diese Kurve ein Kreis oder eine andere Linie von verschiedener Krümmung werde, dies hängt von dem Verhältniß ab, in welchen die Schwerkraft (Gravitation) zur Stärke und Richtung der ursprünglichen Bewegung steht. War diese Richtung ursprünglich eine gegen den Radius vector (die Linie zum Schwerpunkt) rechtwinklichte, und wird durch die Schwerkraft der Körper in jedem Zeittheilchen dem Schwerpunkt eben so weit zugelenkt als er ohne dieselbe durch die gerade fortgehende Bewegung abgelenkt worden wäre, so wird die Bahn ein Kreis, wie Figur 4 zeigt. Es bewege sich der Körper A innerhalb einer Zeiteinheit vermöge der ursprünglich gleichförmigen Bewegung von A nach B in einer auf AS senkrechten Richtung, S sei der Schwerpunkt, in welchem die anziehende Kraft ihren Sitz hat, und Aa = BB' die Größe, um welche der Körper innerhalb der Zeiteinheit dem Schwerpunkt zugelenkt, oder gegen denselben hin freifallend sich bewegen würde; so wird AB' die zusammengesetzte, von ihm wirklich beschriebene Kurve sein. Von B' wird er sich mit der erlangten Geschwindigkeit nach C zu bewegen, die fortwährende Wirkung der Schwerkraft aber versetzt ihn statt dessen nach C'. So geht es weiter fort, und der Körper wird nach und nach die Punkte D', E' F'... einnehmen. Ist, wie angenommen worden, des Körpers Richtung AB ursprünglich gegen AS rechtwinklicht, so wird er, ohne die Einwirkung der Gravitation, vermöge der ursprünglichen Bewegung innerhalb der Zeiteinheit nach B gelangen und vom Schwerpunkt S abgelenkt werden. Die Gravitation wirkt aber fortwährend auf ihn, so daß er innerhalb derselben Zeiteinheit um die Größe Aa dem Schwerpunkt S

zugelenkt wird. Nun ist An = SB — SA, d. i. An = BB' und die Entfernung des Körpers von S hat sich also in seiner zusammengesetzten Bewegung AB' nicht geändert, weil er innerhalb der Zeiteinheit eben so weit vom Schwerpunkt ab- als ihm zugelenkt wurde. Auch seine Geschwindigkeit ist gleich geblieben; denn hätte sie zugenommen, so wäre BB' größer als An, hätte sie abgenommen, so wäre BB' kleiner als An. Der Körper beschreibt demnach in der nächsten Zeiteinheit eine aus B'C und CC' zusammengesetzte Kurve BC', welche, da B'C = AB und CC' = BB', der vorhin beschriebene AB' gleich sein wird. Dies wird nun unter obigen Annahmen so fortgehen und die Kurve AB'C'D'E' . . . ein mit gleichförmiger Geschwindigkeit um S als Mittelpunkt beschriebener Kreis sein, in welchem beide Bewegungen des Körpers im Gleichgewichte sind.

Es ist aber nicht nothwendig, daß beide obige Bedingungen Statt finden, es kann die ursprüngliche Richtung nicht auf den Radius vector rechtwinklicht sein; dann entsteht kein Kreis, sondern eine der drei Kurven, die man Kegelschnitte nennt und von denen derjenige, welcher Ellipse heißt, hier näher zu betrachten ist, weil uns dieselbe in den Bahnen der Weltkörper gegeben ist. Der Körper A, Fig. 5, werde durch die ursprüngliche Bewegung nach AB, durch die Schwerkraft nach An geführt, und es sei An > SB — SA, so wird B' näher an S liegen als A. Indem er nun nach der Tangente BC fortstrebt, wird er durch die Schwerkraft nach C' geführt. Das Stück CC' ist größer als BB', da C' näher an S liegt als B'. Ebenso wird D' näher an S liegen als C', und DD' wird abermals gegen CC' gewachsen sein u. s. w. Man sieht leicht, sagt Mädler, daß diese Zunahme der Anziehung nicht die einzige Folge des mangelnden Gleichgewichts ist, daß vielmehr auch B'C > AB, C'D > B'C u. s. w. sein müsse. Da nämlich die Tangenten, wenn die Kurve kein Kreis ist, nicht mehr rechtwinklicht auf die Radienvektoren stehen, sobald Zu- oder Abnahme der Entfernung eintritt, so stehen die Bögen B'C', C'D' u. s. w. der gemischtlinigen Dreiecke B'CC', C'DD' u. s. w. auch schiefen, in unserem gegenwärtigen Falle stumpfen Winkeln gegenüber. Diese Bögen sind also größer als die ihnen entsprechenden Tangenten, erfordern also, um in gleicher Zeit zurückgelegt zu werden, eine größere Geschwindigkeit, und mit dieser erlangten größeren Geschwindigkeit strebt der Körper weiter. Die Schnelligkeit der Bewegung muß also stetig wachsen, so lange der Winkel der Tangente mit dem Radius vector ein stumpfer Winkel ist. Diese fortgesetzte Geschwindigkeit der Bewegung muß aber endlich dahin führen, daß die beiden Bewegungen wirklich in's Gleichgewicht kommen. Etwa in der Gegend von G' sind die beiden Bewegungen so gegen einander abgemessen, daß, wäre die Richtung der Tangente normal auf dem Radius vector, von hierab eine Kreisbewegung eintreten würde. Allein die schräge Richtung der Bewegung veranlaßt, daß die Verminderung der Entfernung von S

und damit die Zunahme der Geschwindigkeit hier ihre Grenze noch nicht erreicht, sondern das von hierab stattfindende Uebergewicht der Bewegung in der Richtung der Tangente nur dazu beiträgt, die schräge Richtung der normalen näher zu bringen. Es muß deßhalb einen Punkt I geben, in welchem diese normale Richtung erreicht wird; hier aber hat die Tangentialbewegung ein großes Uebergewicht über die Attraktion und wird also von jetzt an dazu beitragen, den Körper wieder mehr von S zu entfernen. Dabei entstehen spitze Winkel der Tangente und des Radius vector; die diesen spitzen Winkeln gegenüber liegenden Bögen werden kleiner als die ihnen entsprechenden Tangenten, die Bewegung verlangsamert sich und es erfolgt im umgekehrten Sinne, was auf dem Wege von A nach I erfolgte. Die auf diese Weise beschriebene Kurve wird also gegen die Linie AI (ihre große Achse) symmetrisch, und in ihr, wie im Kreise, kehrt der Körper nach Ablauf einer gewissen Periode, der Umlaufszeit, wieder zum Anfangspunkte der Bahn zurück und beschreibt sie von Neuem. Dies ist unter den Kegelschnitten nur bei der Ellipse der Fall; ein Körper, der sich dagegen in der Parabel oder Hyperbel bewegte, könnte nur ein einziges Mal seine kleinste Entfernung vom Schwerpunkt haben und würde dann ohne Aufhören immer weiter von ihm sich entfernen. Da wo der Körper in der Ellipse dem Schwerpunkt S am nächsten ist, also in I, ist seine Bewegung am schnellsten, am langsamsten hingegen in A, wo er von ihm am entferntesten ist; sie ist ferner zwischen A und I stetig zu- und in der anderen Hälfte der Bahn, zwischen I und A, stetig abnehmend. Die mittlere Geschwindigkeit findet etwa auf halbem Wege, zwischen den beiden Punkten A und I, an den beiden Enden der kleinen Achse, Statt.

§ 5. Durch die gradlinige Bewegung des Körpers von A nach B, in Figur 4 und 5, wird derselbe in jedem folgenden Punkte weiter von S abstehen, als in A der Fall ist; er wird sich also vom Schwerpunkt S, zwar nicht in direkter Richtung, aber doch je länger je mehr entfernen. Newton bezeichnete dieses, aus der geradlinigen Bewegung folgende Wachsen der Entfernung mit dem Namen Zentrifugalkraft, den Mittelpunkt fliehende Kraft, welche mithin der nach dem Mittelpunkte strebenden, der Zentripedalkraft oder Gravitation entgegengesetzt scheint. Die erstere Kraft, ihrem Wortverstande nach aufgefaßt, hat zu irrigen Vorstellungen Veranlassung gegeben, als ob sie eine vom Mittelpunkt abstoßende Kraft wäre. Dies ist aber ganz unrichtig; denn in den Fällen, wo der in der Richtung der Tangente fortstrebende Körper mit der Linie zum Mittelpunkt S, Figur 5, einen spitzen Winkel beschreibt, ist es ganz unpassend, von einer Zentrifugalkraft zu sprechen, da vielmehr alsdann der umlaufende Körper dem Mittelpunkte S, auch ohne Hinzutritt der Schwerkraft, genähert wird. Man hat daher zur Verhütung von Mißverständnissen für Zentrifugalkraft den

Ausdruck Tangentialkraft gewählt, wofür man auch Schwungkraft setzen könnte, und hat darunter nichts anderes zu verstehen, als das Erzeugniß aus der in der Richtung der Tangente fortstrebenden Bewegung, von welcher die Tangentialkraft abhängig ist. Am richtigsten dürfte es sein, mit Mädler diese Bewegung gar nicht als eine besondere Kraft zu bezeichnen, weil sie nicht, wie die Schwerkraft, mit jedem Augenblicke auf's Neue wirkt, sondern eher als ein ursprünglicher Impuls betrachtet werden kann, der selbst nur einen Moment vorhanden war, dessen Wirkung aber in's Unendliche fortdauert, so daß als eigentliche Kraft nur die Attraktion selbst übrig bleibt.

§ 6. Bisher war von den Wirkungen der Schwerkraft oder Attraktion die Rede; drei andere Kräfte: die Kohäsion, Adhäsion und Affinität zeigen ganz eigenthümliche Wirkungen, die sich zuletzt aber alle auf die gegenseitige Anziehung der einzelnen Körpertheilchen zurückführen lassen. Ein allgemeines Unterscheidungszeichen dieser drei Kräfte scheint darin zu liegen, daß sie nur in unmittelbarer Berührung, oder wenigstens in sehr geringen Entfernungen wirken, während daß uns die Fixsterne, die um die Sonne kreisende, sehr verschiedentlich geformte Materie, die Anziehung des Mondes durch die Erde zeigen, daß die Schwerkraft ihre Wirksamkeit in ungeheure Entfernungen äußert und, wie das Licht, die gewaltigen Zwischenräume zwischen den einzelnen Sternen durchwandert.

a. Kohäsion ist die Kraft des Zusammenhaltens der Körpertheilchen, sie ist die Anziehung unter Gleichartigem. Alle starren Körper zeigen eine größere oder geringere Kohäsion, so Eisen eine größere als Blei, dessen Theilchen eher zu verschieben sind, und Blei eine größere als Kreide. Die Kohäsion wird oft selbst durch die Trennung der Theile eines Körpers nicht aufgehoben. So erfordern zwei ganz ebene, frisch geschnittene Bleiplatten, die man über einander schiebt, eine große Kraft, um aus einander gerissen zu werden. Ebenso hängen frisch gehobelte, sehr feine Späne mit dem Holz zusammen, von dem sie geschnitten worden sind. Bei vielen Körpern, wenn sie aus dem flüssigen Zustande in den starren übergehen, zeigt sich die Kohäsion als Krystallisation, als ein Bestreben der Theilchen, eine regelmäßige Gestalt anzunehmen, die Krystall heißt. Größtmögliche Beweglichkeit ist eine Hauptbedingung bei Krystallbildungen, und darum werden die meisten und schönsten Krystalle im Flüssigen gebildet. Eine andere Bedingung ist, daß die Flüssigkeit eine hinlängliche Zeit ruhig stehe, damit die gegenseitige Anziehung der Theilchen nach gewissen Richtungen ungestörten Spielraum habe. Die Theilchen vieler Salze z. B., in heißem Wasser gelöst und ruhig stehen gelassen, verbinden sich nach der Abkühlung des Wassers zu ausgebildeten Krystallen. Salmiak und andere feste Körper, welche durch Hitze in Dampf verwandelt worden sind, bilden an der Oberfläche kalter Körper einen krystallinischen Sublimat. Am gewöhnlichsten kann die Krystallisation wahrgenommen wer-

den am Wasser, wenn es sich durch die Wärmeentziehung in Eis verwandelt, wofür auch ursprünglich der Name Krystall gebraucht wurde. Das Maß der Wasserkugel, d. i. einer ihrer größten Kreise, reißt nämlich die starr werdende Wassermasse in seine Ebene, und in dieser Kreisfläche ordnet der Halbmesser, der allemal den Umfang dieser Fläche genau in sechs Theile zerfällt, das Erstarrende nach der Richtung des Sechsecks. Die vor Kurzem noch helle und flüssige Wasserkugel, durch Kälte krystallinisch geronnen, schwebt nun als fester, sechsstrahliger Wasserstern in der Luft. Bemerkenswerth bei der Krystallbildung ist der Umstand, daß die verschiedenen krystallisirbaren Substanzen nur unter bestimmten Grund- oder Kerngestalten und den aus ihnen abgeleiteten Formen auftreten. — Daß die Krystallbildung nur im Flüssigen möglich ist, worin die einzelnen Massentheile ungehindert der Kohäsion folgen können, scheint anzudeuten, daß die Krystallisation eine Wirkungsart der Kohäsion ist, wenn gleich die organisirende und gestaltgebende Ursache und das Gesetz, warum die Massentheile einer und derselben Substanz sich immer nur zu der nämlichen geometrisch regelmäßigen Gestalt verbinden, bis jetzt noch ein Räthsel ist.

b. Wenn die Kohäsion die Theilchen gleichartiger Körper zusammenhält, so bewirken dagegen die Adhäsion und Affinität eine Verbindung zwischen verschiedenartigen Körpern. Die Erscheinungen der Adhäsion sind sehr zahlreich und beschränken sich nicht nur auf Körper von gleichem Aggregatzustande, sondern zeigen sich wechselsweise zwischen festen, flüssigen und luftförmigen. Das Anhängen des Staubes auf verschiedenen Körpern, oder des trockenen Quecksilbers als Spiegelbeleg und andere ähnliche Erscheinungen gehören hierher. Am häufigsten haben Flüssigkeiten die Eigenschaft, an festen Körpern hängen zu bleiben. Wann bei ihnen die Kohäsion allein wirksam ist, so kugeln sie sich, z. B. Wasser auf Staub, Quecksilber auf Holz, Regentropfen; findet aber Adhäsion zwischen ihnen und festen Körpern Statt, so erfolgt das, was man Benetzen nennt. Wirkungen der Adhäsion sind ferner das Herablaufen von Flüssigkeiten an den Rändern der Gefäße, das Aufsteigen des Wassers oder Quecksilbers am Rande eines Gefäßes. — Bei elastischen Flüssigkeiten heißt die Adhäsion Absorption. Wenn z. B. längere Zeit die Luft Zutritt zu Wasser hatte, so verschluckt (absorbirt) dieses eine Menge derselben, wovon man einen Theil frei werden und an den Wänden des Glases sich ansetzen sieht, wenn man das Wasser an den Sonnenstrahlen oder auf einem geheizten Ofen erwärmt. Besonders wird die Kohlensäure in Menge und leicht von Flüssigkeiten aufgenommen und gibt dann einigen Wassern (den Säuerlingen) einen herzhaften säuerlichen Geschmack.

c. Die Adhäsionsanziehung unterscheidet sich von der durch Affinität (chemische Verwandtschaft) wesentlich dadurch, daß jene keine Veränderung in den Eigenschaften der adhärirenden Körper bewirkt, während daß dies

bei der Affinität stets der Fall ist. Sie erzeugt aus zwei ungleichartigen Körpern, welche sich mit einander verbinden, einen neuen gleichartigen, an welchem sich auf keine Weise eine Ungleichartigkeit der Theile wahrnehmen läßt. Schmilzt man z. B. Schwefel und Quecksilber zusammen, so erhält man zuerst eine schwarze Masse, die, wenn sie noch stärker erhitzt wird, sich verflüchtigt und an den kalten Stellen des Gefäßes zu einer rothen Substanz verdichtet, die Zinnober heißt. Derselbe ist aus der unmittelbaren Verbindung der beiden ungleichartigen Körper, Schwefel und Quecksilber, hervorgegangen, ohne daß sich in ihm weder der eine noch der andere seinen Eigenschaften nach erkennen läßt. Siedender Weingeist, welcher Schwefel auflöst, nimmt aus dem Zinnober keinen Schwefel auf; Gold, welches schon in der Kälte Quecksilber aufnimmt, zeigt auf Zinnober keine Einwirkung. Kurz, wir haben im Zinnober eine so feste, innige Verbindung von zwei ungleichartigen Körpern zu einem neuen gleichartigen, daß beide von den Körpern, mit denen sie sich sonst gerne verbinden, nicht getrennt zu werden vermögen. Chemische Verbindungen finden nur Statt zwischen Körpern von entgegengesetzten Eigenschaften, und die Erfahrung lehrt, daß die Verbindung allemal um so fester, je mehr Gegensatz unter den Elementen ist. Je ähnlicher dagegen einander zwei Körper in ihren Eigenschaften sind, um so leichter lösen sie sich zwar in einander auf, ohne sich jedoch chemisch zu verbinden. Eine Auflösung z. B. von Salz in Wasser ist also von einer chemischen Verbindung zu unterscheiden. — Die Wirkungen der Affinität enthüllen uns auch noch das merkwürdige Gesetz, dem zufolge die Verwandtschaft zwischen zwei Körpern von verschiedenen Graden der Stärke ist. So hat z. B. Blei eine größere Verwandtschaft zu Sauerstoff als Silber, und Kalium eine größere als Blei, und es ist die Verwandtschaft zwischen zwei Körpern oft so groß, daß sie, wenn sie zusammengebracht werden, sich selbst bei sehr niederer Temperatur mit einander verbinden, wie z. B. Chlor und Phosphor. Am deutlichsten gibt sich die Verwandtschaft und ihre Ordnung bei der Zersetzung einer Verbindung durch einen andern Körper kund. Hat ein solcher Körper zu einem der verbundenen eine größere Verwandtschaft als sie unter sich, so kann ihre Verbindung durch ihn getrennt werden. Man schließt aus der Ordnung der Zersetzungen auf die Größe der Verwandtschaft.

---

§ 7. Von jedem Standpunkt der Erdoberfläche aus betrachtet, erscheint uns der Himmel als eine hohle Kugel, an deren inneren Fläche sich die Sterne befinden. Diese Hohlkugel zeigt uns eine drehende Bewegung von Osten nach Westen, welche eine gerade Linie voraussetzt, um die sich die Drehung vollzieht. Diese Linie heißt die Weltachse und ihre Endpunkte am Himmelsgewölbe sind die Weltpole, von denen der in unseren Gegen-

den sichtbare der Nordpol, der entgegengesetzte der Südpol heißt. Von beiden Polen überall um 90° entfernt, denken wir uns an der Himmelskugel einen größten Kreis gezogen, der, wie jeder Kreis, in 360° eingetheilt wird und Aequator (Gleicher) heißt, weil die in ihm befindliche Sonne Tage und Nächte auf Erden gleich macht. Zu beiden Seiten des Aequators und gleichlaufend mit ihm denkt man sich kleinere Kreise gezogen, die Parallel- oder Breitenkreise heißen. Zwei derselben, in einem Abstand auf beiden Seiten des Aequators von etwa 23° 28′ heißen Wendekreise, Tropen. Andere größte Kreise an der Himmelskugel, die durch die Weltpole gehen und den Aequator auf den entgegengesetzten Seiten unter rechten Winkeln schneiden, sind die Meridiane oder Mittagskreise. Alle diese Kreise entsprechen den gleichnamigen Kreisen, die wir uns auf der Erdkugel gezogen denken. Auf Erden wie am Himmel dienen die Meridiane und der Aequator mit den Parallelkreisen zur Bestimmung der Länge und Breite eines Ortes oder Sternes. Tritt die Sonne während ihres täglichen Laufes in den Meridian eines Ortes, so hat dieser Ort Mittag. Ziehen wir durch unseren Standpunkt auf der Erde eine gerade Linie so, daß sie unseren Meridian am Himmel schneidet, so heißt das die Mittagslinie, deren Enden den wahren Norden und Süden zeigen; das dem Nordpol zunächst liegende Ende heißt der Nordpunkt, das entgegengesetzte der Südpunkt. — Der Punkt am Himmelsgewölbe, der sich gerade über dem Scheitel des Beobachters befindet, heißt der Scheitelpunkt oder das Zenith; er ist für ihn der höchste Punkt am Himmelsgewölbe. Diesem Punkte gegenüber, mithin direkt unter den Füßen des Beobachters, befindet sich der Fußpunkt oder das Nadir. Die gerade Linie, die beide Punkte mit einander verbindet, heißt Scheitellinie. — Der Abstand eines Ortes oder Sternes vom Pole heißt die Polhöhe; sie ist die Ergänzung der Breite. Gegenden unter dem Aequator haben keine Breite, mithin auch keine Polhöhe, weil dort beide Pole in der Horizontalebene liegen. — Bogen größter Kreise, welche 90° zum Winkelmaß haben, daher Viertelkreise oder Quadranten sind, heißen Vertikal- oder Scheitelkreise, wenn man sich dieselben vom Zenith senkrecht auf alle Punkte des Horizonts gezogen denkt. Derjenige von ihnen, der durch den Polarstern geht, ist der Quadrant des Meridians. Auf ihnen wird die Höhe oder Elevation der Sterne vom Horizont an gerechnet; im Horizont hat ein Stern keine, im Zenith dagegen seine größtmögliche Elevation. Höhenkreise (arab. Almukantharats) sind kleine Kreise, welche über einander und mit dem Horizont parallel gezogen werden, und folglich gegen das Zenith immer kleiner werden. Sie bezeichnen, indem sie durch einen Stern gehen, auf dem Vertikalkreise seine Höhe.

Es scheint sich die Erde gegen das Himmelsgewölbe hin auszudehnen und rings um uns mit demselben zusammenzugrenzen. So entsteht auf einer

ausgedehnten Ebene ein Kreis, in welchem Erde und Himmel sich berühren, und den man den Gesichtskreis oder Horizont nennt. Die durch den Standpunkt des Beobachters gehende Horizontalebene schneidet einen Horizontalkreis und die Vertikalebene einen Vertikalkreis am Himmelsgewölbe ab, und im Mittelpunkte aller dieser Kreise steht der Beobachter. Der Horizont, den wir etwa auf weiter Ebene oder offener See erblicken, heißt der scheinbare, natürliche; er ist in Figur 6 die Linie de für den Standpunkt des Beobachters in o; der wahre Horizont dagegen ist derjenige Kreis, den wir sehen würden, wenn wir uns im Mittelpunkte der Erde befänden und von dort aus über die durch den Erdmittelpunkt gehende Horizontalebene die Berührung von Erde und Himmel erblickten. Der wahre Horizont geht mit dem natürlichen parallel und ist in unserer Figur durch ab bezeichnet. — Bekannt ist die Eintheilung der Horizontalebene nach den Weltgegenden durch gerade Linien, darunter diejenigen Linien, die nach den sogenannten Kardinalpunkten gehen, die wichtigsten sind. Es gibt im Ganzen 32 Weltgegenden, die auch Wind- oder Kompaßstriche heißen und deren Aufzeichnung bei den Schifffahrern eine Windrose heißt.

Die Bahn, die ein Stern von seinem Aufgange an der Ostseite des Meridians bis zu seinem Untergange am Himmel beschreibt, heißt sein Tagbogen, diejenige vom Untergang an der Westseite des Meridians bis zum Aufgang sein Nachtbogen; beide Bogen zusammen machen den Tagkreis des Gestirnes aus. Erreicht ein Stern in seinem Tagkreise unsern Meridian am Himmel, so kulminirt er und steht alsdann am höchsten bei seinem Durchgange durch diejenige Hälfte des Meridians, in welcher der sichtbare Himmelspol nicht liegt (obere Culmination) und am niedrigsten bei seinem Durchgange durch die andere Hälfte (untere Culmination). Weil der Aequator die Himmelskugel in eine nördliche und südliche Halbkugel theilt, so werden die Tagkreise der Gestirne der südlichen Halbkugel für uns ihre Mittelpunkte unter, die der nördlichen über unserem Horizonte haben und die Tagbögen jener werden kleiner, die der letzteren größer, als ihre Nachtbogen sein. Beschreibt ein Stern seine tägliche Bahn in der Nähe des Pols, so ist sein Tagbogen ein voller Kreis, d. i., sein ganzer Tagkreis ist sichtbar, und man nennt Sterne, denen diese Eigenschaft zukommt, Zirkumpolarsterne. Es ist leicht einzusehen, daß die Zirkumpolarsterne der südlichen Halbkugel den Bewohnern der nördlichen Hemisphäre unsichtbar sind, weil ihre Tagbogen den Horizont nicht erreichen. Auf dem Erdäquator sind dem Beobachter die Tagbogen aller Gestirne Halbkreise.

Parallaxe (eigentlich Veränderung) bedeutet im Allgemeinen die Verschiedenheit des scheinbaren Ortes eines und desselben, von zwei verschiedenen Standpunkten aus gesehenen Gegenstandes; sie ist somit der Unterschied der beiden Winkel, unter welchen man einen Gegenstand aus den beiden End-

punkten einer geraden Linie sieht. Daher spricht man von Parallaxe, die bei'm Gebrauche z. B. des Barometers dadurch entsteht, daß man das Auge entweder zu hoch oder zu tief hält, wodurch die Oberfläche des Quecksilbers nicht auf den richtigen Theilstrich der Skale bezogen wird. Am meisten ist in der Astronomie von Parallaxen die Rede, indem es von ihr abhängt, daß die Sonnenfinsternisse an verschiedenen Orten der Erde nicht gleich erscheinen, daß die Bedeckungen der Sterne durch den Mond an einem Orte stattfinden, während am anderen der Mond über oder unter dem Sterne vorbei zu gehen scheint. Die Berechnung der Parallaxe wird vorzüglich da nöthig, wo in der Astronomie Erscheinungen auf den Mittelpunkt der Erde zurückgeführt werden müssen. Es sei in Figur 6 o der Ort, von wo der Beobachter die Erscheinung eines Planeten y auf der Erdoberfläche sieht, z sein Zenith, oc der Halbmesser der Erde, in welchem der Beobachter steht, so ist cyo die Parallaxe, oder die Aenderung der Richtung, in welcher der Planet erscheint, wenn man sich von c nach o versetzt, oder mit anderen Worten, der Winkel cyo, die Parallaxe, ist der Unterschied der beiden Winkel, unter welchen man den Planet y aus den beiden Endpunkten o und c des Erdhalbmessers sieht. Die Parallaxe eines Sternes wird am größten sein, wenn der Erdhalbmesser oc auf unserer Gesichtslinie oe nach dem Sterne e senkrecht, d. i., wenn der Stern in unserem Horizonte steht. Wir erhalten den Winkel ceo, der die Horizontalparallaxe des Sternes heißt. Man sieht leicht, daß die Parallaxe eines Sternes mit dessen Höhenzunahme über den Horizont im umgekehrten Verhältniß stehen muß; im Zenith ist sie gleich Null, weil dort der Halbmesser der Erde einem Auge auf dem Stern nur als ein Punkt erscheint. Die Parallaxe eines Sternes muß aber auch kleiner werden, je größer seine Entfernung von der Erde ist. Schon in der Sonne, die nur etwas über 20½ Millionen Meilen von uns entfernt ist, würde einem Auge der 860 Meilen betragende Erdhalbmesser so gering erscheinen, daß der größte Werth ihrer Horizontalparallaxe nur 8,56 Sekunden betrüge. Für die Billionen Meilen entfernten Fixsterne wird diese Parallaxe unendlich klein, weil dort einem Auge der Erdhalbmesser zu einem Punkte zusammenschwindet. Man hat daher die größtmögliche Standlinie, nämlich die doppelte Entfernung der Erde von der Sonne angewendet, welche 41 Millionen Meilen beträgt, um durch Beobachtungen zu bestimmen, ob Fixsterne Parallaxen zeigen, oder ob der Durchmesser der Erdbahn, aus einem Fixsterne gesehen, noch unter einem merklichen Winkel erscheine. Man nennt diesen Winkel die jährliche Parallaxe der Sterne, so wie man die auf den Erdhalbmesser bezügliche die tägliche nennt. Man fand aber, daß die meisten Fixsterne nicht einmal eine jährliche Parallaxe zeigen, und mußte, um diese Thatsache zu erklären, annehmen, daß sie viele tausendmal weiter von uns entfernt seien als die

Sonne. Die Astronomen berechnen aus der Parallaxe eines Sternes dessen Entfernung von der Erde, und finden für eine Parallaxe

von	1	Minute	3437,75	Sonnenweiten
„	½	„	6875,5	„
„	20	Sekunden	16313,24	„
„	15	„	13751	„
„	10	„	20626,5	„
„	5	„	41253	„
„	2	„	103132,4	„
„	1	„	206264,8	„

Erster Theil der physischen Erdbeschreibung.

Die Erde, als Planet oder in Beziehung auf das Weltgebäude.

I.

Tägliche Bewegung der Erde.

§ 8. Es kommt uns vor, als ruhe die Erde unbeweglich im Himmelsraume, während Sonne, Mond und Sterne sich täglich einmal von Osten nach Westen um sie, oder eigentlich um die Weltachse drehen. Nach einander steigen nämlich von Minute zu Minute immer andere und andere Sterne, die wir von unserem Standorte aus sehen können, am östlichen Halbkreise des Horizontes auf, erreichen allmälig in ihrem Tagbogen den Kulminationspunkt und sinken von da wieder langsam, einer nach dem anderen, dem westlichen Halbkreise des Horizontes zu, um unter unseren Füßen ihren Nachtbogen und damit ihren Tagkreis zu vollenden. Dieses Schauspiel erneuert sich für uns alle Tage, und unsere Erde scheint sich im Mittelpunkte dieser ganzen Bewegung zu finden. Dabei zeigt uns schon die sinnliche Wahrnehmung, daß die verschiedenen Himmelskörper ungleich weit von uns entfernt sind. So sehen wir, daß der für uns lichtglänzendste Fixstern von allen, der Sirius im Sternbild des Hundes, eine größere Entfernung von uns und der Weltachse hat, als die Sonne, und die Astronomie lehrt, daß viele andere Sterne wieder weiter entfernt sind als der Sirius. Der Abstand eines Himmelskörpers von der Weltachse ist aber der Halbmesser seines Tagkreises, welcher um so größer sein wird, je größer sein Halbmesser ist. Weil nun unserer Wahrnehmung zufolge die Himmelskörper, ungeachtet ihrer ungleichen Entfernung von der Weltachse, zur Vollendung ihres Kreislaufes gleich viel Zeit gebrauchen, so muß auch ihre Geschwindigkeit eine verschiedene sein; denn zwei Körper können ungleiche Räume in gleicher Zeit nur unter der Voraussetzung zurücklegen, daß ihre Geschwindigkeiten sich verhalten wie die Räume, die sie zu durchlaufen haben. Kennt man daher den Abstand irgend eines Sternes von der Erde, so läßt sich daraus — nach dem Satze, daß der

Umfang eines Kreises gleich ist zweimal dem Halbmesser, multiplizirt mit der Zahl 3,1415... – die Größe seines Tagkreises und seiner Geschwindigkeit in demselben berechnen.

Wird der Abstand der Sonne von uns in runder Zahl zu 20½ Millionen Meilen angenommen, so bewegt sie sich in ihrem Tagkreise mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1450 Meilen in jeder Sekunde. Noch ungeheurer wird die Geschwindigkeit für einen Fixstern, wenn wir dessen Entfernung nur zu 4 Billionen Meilen annehmen; ein solcher Stern müßte in einer Sekunde einen Weg von beinahe 300 Millionen Meilen zurücklegen. Mit solcher Geschwindigkeit verglichen ist die einer 24pfündigen Kanonenkugel, welche gleich nach dem Abschießen in einer Sekunde 1800 Fuß, oder selbst des Lichtes, welches in einer Sekunde über 41000 Meilen zurücklegt, gering zu nennen und muß noch geringer erscheinen im Vergleich mit der Geschwindigkeit derjenigen Fixsterne, welche dem bloßen Auge nicht sichtbar sind und deren Lichtschwäche von Entfernungen herrührt, welche den Abstand des Sirius von der Sonne vielleicht um 160000 Male übertreffen. Den Sternen müssen aber diese unglaublichen Geschwindigkeiten zukommen, wenn es mit dem, was wir täglich am Himmel vorgehen sehen, seine Richtigkeit hat, die unzähligen Sternenheere sich also täglich einmal um die Weltachse drehen. Das ganze Schauspiel wird aber noch imposanter, wenn wir die ungeheure Größe bedenken, welche von den mehreren Millionen dem Teleskop aufgehenden Sternen vielleicht die meisten haben. Schon unsere Sonne ist nahezu anderthalb Millionen Mal größer als unsere Erde, und viele der übrigen Sterne schätzen die Astronomen wieder größer als unsere Sonne, so daß gegen solche Massen unsere Erde zu einem Stäubchen verschwindet.

Angenommen nun erstens, diese gewaltigen Massen drehen sich täglich einmal um unsere Erde, so muß die Kraft, die dieß bewirkt, in ihr liegen, in ihr muß die Ursache zu suchen sein, welche die Himmelskörper verhindert, sich bei ihrer Umdrehung von ihr zu entfernen. Diese Kraft könnte keine andere als die Gravitation, in unserem Falle die Erdschwere sein. Nun aber ist die Erdschwere das Resultat aus der Anziehung aller einzelnen Theile der Erde (§ 3.) Es besäßen also alle einzelnen Erdtheilchen zusammen diese weltenbewegende Kraft, welche z. B. den Billionen Meilen entfernten Sirius um die Erde, als um seinen Zentralkörper, führte und demnach viel größer sein müßte als die anziehende Kraft aller Theilchen des Sirius, oder mit anderen Worten, es müßte, wenn der Sirius nur so groß als unsere Sonne angenommen wird, eine anderthalb Millionen Mal kleinere Kugel eine um eben so viel größere auf eine so ungeheure Entfernung anziehen. Wenn aber die Ziehkraft der Erde so unglaublich groß ist, so begreift man nicht, wie ein Magnet ein Stück Eisen, welches herabzuziehen die Schwere, d. h. der ganze Erdkörper sich vergebens bemüht, so leicht zu heben im Stande ist, oder wie

ein Stein, der Schwere direkt entgegen, von einem Kinde in die Höhe geworfen werden kann. Und wenn das Attraktionsgesetz lehrt, daß die Anziehung sich verhält wie die Masse des anziehenden Körpers, was für eine Anwendung wird in unserem Falle davon gemacht? Nach demselben Gesetze nimmt aber ferner die Anziehung mit den Quadraten der Entfernung ab, so daß demnach der Einfluß der Erdanziehung auf einen Stern um so geringer sein wird, je entfernter derselbe von der Erde ist, und aus demselben Grunde wird auch seine Bewegung im Tagkreise um so langsamer sein, weil die Geschwindigkeit eines Sternes auf seiner Bahn um den Zentralkörper mit der Anziehung des letzteren zu- und abnimmt. Nun bewegen sich aber die Sterne insgesammt in gleicher Zeit um die Erde; es muß also, scheint es, die Anziehung der Erde mit den Quadraten der Entfernung zunehmen, da entferntere Sterne, damit sie größere Räume in gleicher Zeit, wie nähere Sterne, zurücklegen können, dies nur unter vermehrter Einwirkung der Schwerkraft auf sie zu thun vermögen. Allein dies widerspricht allen Erfahrungen über die Art der Wirksamkeit dieser Kraft. Drittens endlich beschreiben die meisten Sterne ihre Tagkreise nicht um die Erde selber, sondern um den außerhalb der Erdachse liegenden Theil der Weltachse, in welcher wir also die Mittelpunkte der Tagkreise aller jener Sterne suchen müssen. Die Weltachse ist aber nichts anderes als eine gerade Linie, der als solcher einzig die Ausdehnung nach der Länge zukommt, deren einzelne Punkte aber, weil sie keinen Raum erfüllen, gar keine Ausdehnung haben. Die Erfahrung zeigt aber keine Kraft wirksam, ohne daß dieselbe an raumerfüllende Materie gebunden wäre. Der Sitz jener bewegenden Kraft, die zugleich für einen jeden Stern eine andere wäre, befände sich demnach für alle Sterne, die sich um die Weltachse drehen, in unräumlichen leeren Punkten, was gleichmäßig unserem Denken, wie unserer Erfahrung widerspricht.

So werden wir durch die Annahme einer täglichen Ostwestbewegung des gestirnten Himmels von Unwahrscheinlichkeit zu Unwahrscheinlichkeit, von Widerspruch zu Widerspruch getrieben. Aber widerstreitet denn die Natur so sehr unserer Vernunft?

§ 9. Wie? wenn diese tägliche Bewegung der Gestirne eine Sinnentäuschung wäre? Gesetzt, wir befänden uns auf einem gut gebauten Dampfschiffe, welches schnell das ruhige Wasser eines See's stetig durschneidet, so würden wir in diesem Falle auch sehen, wie das Wasser zu beiden Seiten des Schiffes gleich einem Strome an uns vorbeirauscht, oder daß das Ufer, in dessen Nähe wir fahren, sich an uns vorbeibewegt, während wir wol wissen, daß es wirklich nur das Schiff ist, welches in einer, der scheinbaren Bewegung des Wassers oder Ufers entgegengesetzten Richtung sich bewegt. Wenn in diesem Beispiele die Bewegung des Ufers oder des Wassers, die wir zu sehen glauben, ihre Erklärung in der wahren und wirklichen Bewegung des Schif-

fes findet, und die Geschwindigkeit, mit der sich das Ufer bewegt, der Geschwindigkeit des Schiffes entspricht, so fordert uns die angenommene Ostwestbewegung des Himmels um die ruhende Erde auf, den Versuch zu machen, ob dieselbe nicht auf eine umwälzende Westostbewegung der Erde zurückgeführt werden könne, wobei wir den Himmel in Ruhe lassen. Es ist ein allgemein gültiges Gesetz, daß die Natur zur Erreichung ihrer Zwecke nicht mehr Kraft verwendet, als eben nöthig und sich überall einfacher Mittel bedient. Dieses Gesetz der Sparsamkeit berechtigt zu der letzteren Annahme einer täglichen Westostbewegung der Erde, um so mehr, da durch sie die ganze Erscheinung, die wir täglich am gestirnteu Himmel wahrnehmen, vollkommen erklärt wird. Es sei Figur 7, DCC′C″ der Sternenhimmel, bacd die Erde. Dreht sich nach der ersten Annahme der Himmel täglich einmal von Osten nach Westen, so ist die Linie C″aC der unbewegliche Horizont der ruhenden Erde für den Beobachter in a, C′ ist sein Zenith und C′CC″ ist der Tagbogen für den Stern bei c. Bewegt sich aber die Erde täglich einmal um ihre eigene, mit der Weltachse zusammenfallende Achse, so ist die Linie C″aC der bewegliche Horizont auf der von Westen nach Osten sich drehenden Erde, welcher nach einer gewissen Zeit die Richtung C′a′D, und noch später die Richtung C′a″E haben wird; a,a′,a″ sind nach einander die Standpunkte und C′CD die verschiedenen Zenithe des Beobachters, die seinen verschiedenen Standpunkten entsprechen. Es ist nun nicht schwer, sich nach diesen Angaben die ganze Erscheinung der uns umkreisenden Himmelskörper nach der ersten und zweiten Annahme anschaulich zu machen, und man sieht leicht, daß dieselbe durch die letztere eben so gut erklärt wird, als durch die erstere.

Die weströstliche Drehung der Erde gewinnt aber sofort noch einen hohen Grad von innerer Wahrscheinlichkeit durch die Berechnung der Geschwindigkeit, die sich jetzt ergibt. Die größte Geschwindigkeit bei der Rotation müssen die Orte unter dem Aequator haben, welche in einem Tage 5400 Meilen zurücklegen. Dies gibt für eine Minute 3,45 geogr. Meilen (eine Geschwindigkeit, die nicht viel größer als die des Schalls ist, welcher sich in einer Minute 2,72 Meilen weit fortbewegt), für eine Sekunde 1427½ par. Fuß, also noch nicht einmal die anfängliche Geschwindigkeit einer abgeschossenen Kanonenkugel, viel weniger nach der ersten Annahme, die der Sonne, und läßt sich mit der des Lichtes, oder eines Fixsternes nicht von Ferne in Vergleichung bringen. Es können also von dieser Seite keine vernünftigen Zweifel gegen die Erdrotation erhoben werden, und eben so wenig bedürfen wir jetzt jener unglaublichen Kraft, welche der Erde inwohnen müßte, wenn der gestirnte Himmel sich bewegte. Der Einwurf, daß wir ja doch von der Rotation nichts merken, ist theils nicht richtig, weil, wie wir in der Metereologie sehen werden, die in der heißen Zone ununterbrochen wehenden warmen Ostwinde mit zum Theil von der Rotation herrühren, theils leicht zu beseitigen,

weil die rotirende Bewegung der Erde keine stoß- oder ruckweise, sondern eine gleichförmige ist, die eben deßhalb nicht verspürt werden kann. Ein anderer Einwurf gegen die Rotation wird bei näherer Untersuchung nicht nur gehoben, sondern verwandelt sich in einen direkten Beweis für dieselbe.

Dieser, schon von Ptolemäus, später von Tycho erhobene Einwurf ist folgender: Ein gerade in die Höhe geworfener Stein könnte, falls unterdessen die Erde rotirte, nicht an dem Punkte niederfallen, wo man ihn aufwarf, wie doch wirklich geschieht, sondern weit nach Westen entfernt, und zwar unter dem Aequator für jede Sekunde um nahe an 1500 Fuß. Wäre dies richtig, so müßte z. B. eine Kugel, die man von der Mastspitze eines segelnden Schiffes herabfallen läßt, hinter dem Maste auf einem entfernten Punkte des Verdeckes niederfallen. Sie fällt aber am Maste nieder, weil die Bewegung des Schiffes, die ihr bereits mitgetheilt war, während des Falles dieselbe bleibt, und die der Kugel mitgetheilte Bewegung durch die Fallbewegung nicht im Geringsten geändert wird. Wie mit dem Schiffe, ist es auch mit der Erde; sie theilt die Bewegung um ihre Achse allen Körpern, die ihr zugehören, mit, sie mögen durch Kohäsion mit ihr verbunden sein, lose auf ihr liegen oder auch in den Lufträumen schweben, und andere ihnen mitgetheilte Bewegungen änderen diese nicht. Diese Einsicht in die Natur der Sache veranlaßte im Jahr 1802 Benzenberg, direkte Versuche mit schweren Kugeln im Michaelisthurm zu Hamburg und später in den Kohlenbergwerken von Schlebusch anzustellen, und das Ergebniß war, daß ein frei und sorgfältig fallen gelassener Körper nicht westlich, sondern umgekehrt, östlich von der senkrechten Linie niederfalle. Figur 8 mag zur Veranschaulichung des Gesagten dienen.

Es sei ab ein Thurm und ba eine Vertikale, die verlängert bis zum Mittelpunkt c geht. Wenn nun die Erde in der Richtung des Pfeils von Westen nach Osten rotirt, so wird natürlich auch der Thurm an dieser Bewegung Theil nehmen; weil aber die Spitze des Thurmes weiter vom Mittelpunkt der Erde entfernt ist als sein Fuß, so beschreibt er bei der Rotation einen größeren Kreis in 24 Stunden und bewegt sich folglich rascher. Diese raschere Bewegung theilt der auf der Spitze Stehende, so wie die Kugel, die er hält, denn er wird mit der Thurmspitze in derselben Zeit nach b′b″b‴ gelangen, während er am Fuße des Thurmes in derselben Zeit nur den Bogen aa‴ beschreibt, der kleiner ist als der Bogen bb″, den die Thurmspitze durchläuft. Läßt man nun die Bleikugel von der Spitze b fallen, so wird sie dies nicht in der Vertikale ba thun, sondern, den Ueberschuß der rascheren Bewegung der Spitze über die des Fußes beibehaltend, einen größeren Bogen von Westen nach Osten durchlaufen und um so viel östlich vom Fuße a‴ aufschlagen, als der Bogen bb‴ den Bogen aa‴ übertrifft.

Es erfolgt also, was die Benzenbergischen Beobachtungen ergaben und was man ohne Rotation nicht würde erklären können. Allerdings beträgt die östliche Abweichung von der senkrechten Falllinie bei im Verhältniß zum Erdhalbmesser so geringen Höhen nur einige Linien, würde aber bei einer Fallhöhe von 10000 Fuß 1076 par. Linien, oder 7′ 5″ 8‴ betragen.

Der Fall schwerer Körper gibt uns also einen direkten Beweis für die Rotation; einen anderen gibt uns die Analogie an die Hand. Wir nehmen an allen Planeten, welche uns durch Fernröhren einen deutlichen Durchmesser zeigen, ebenfalls eine Rotation von Westen nach Osten wahr. Da nun die Erde ebenfalls ein Planet ist, der, wie alle Planeten, des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme bedarf und auch in anderen Eigenschaften mit den übrigen Planeten übereinstimmt, so ziehen wir daraus den Schluß, daß sie denselben auch hinsichtlich der Rotation ähnlich sein werde. Wir verfahren dabei nach dem Grundsatze: Wenn Dinge einer gewissen Art in mehreren Stücken übereinstimmen, so werden sie auch in den übrigen, folglich in allen einstimmen.

Einen dritten Beweis entlehne ich aus Mädler. Er sagt: „Man denke sich unsere Erde anfangs nicht rotirend, so werden Tag und Sommer, so wie Nacht und Winter zu identischen Begriffen. Wo die Sonne so eben aufgeht, fängt der Sommer an und ist der Moment der größten Kälte, denn eine sechsmonatliche Nacht ist vorhergegangen; am gegenüberliegenden Untergangspunkte herrscht dagegen beträchtliche Wärme. Kälte aber zieht zusammen und vergrößert dadurch die relative Schwere; der Punkt, wo die Sonne aufgeht, ist folglich schwerer als der entgegengesetzte; er muß also mehr als dieser zur Sonne gravitiren, was eine Rotation und zwar in dem Sinne, wie sie gegenwärtig stattfindet, zur nothwendigeu Folge hat.“ Mädler bemerkt indeß selbst, daß er diese Erklärung nur gebe, um in der Kürze zu zeigen, daß eine Rotation sein müsse, nicht um zu behanpten, daß dies die ausschließliche Ursache sei. — Einen vierten Beweis endlich werden wir bei Betrachtung der Gestalt der Erde kennen lernen.

§ 10. Durch die Rotation entstehen verschiedene Geschwindigkeiten auf der Erdoberfläche; die größte wird ein Punkt im Aequator haben, von wo sie zu beiden Seiten desselben nach den Polen hin abnehmen und an den Polen selbst gleich Null sein muß. Folgende Tabelle gibt eine Uebersicht der Rotationsgeschwindigkeiten unter verschiedenen Parallelkreisen während einer Sekunde.

Breite eines Ortes.	Geschwindigkeit.	Breite eines Ortes.	Geschwindigkeit.
0°	1427,6 p. F.	45°	1009,4 p. F.
10	1405,9 „	50	917,4 „
20	1341,2 „	60	713,8 „
30	1236,3 „	70	488,2 „
40	1093,6 „	80	247,9 „

Frägt man darnach, nachdem man die Ueberzeugung von der Erdrotation gewonnen hat, was die Ursache derselben gewesen sei, so liegt begreiflicherweise die Beantwortung dieser Frage jenseits unserer Erfahrung, und die denkende Erkenntniß vermag darüber gleichfalls nichts Gewisses aufzustellen. Soviel scheint indeß außer Zweifel zu sein, daß, wenn die Erde vor der Rotation in Ruhe war, sie nur durch eine äußere Ursache in die rotirende Bewegung gebracht worden sein konnte. Was dies für eine Ursache gewesen, ist natürlich nicht ausgemacht; nach der Art ihrer Wirkung aber kann man sie als einen ursprünglichen, einmaligen Stoß oder Schwung bezeichnen, der als solcher nur einen Moment vorhanden gewesen, dessen Wirkung aber unausgesetzt fortdauert, „ein Schöpfungsakt, der sich nicht zu wiederholen braucht." Sollte aber durch einen solchen Stoß eine rotirende Bewegung entstehen, so mußte die Richtung desselben die dazu geeignete sein. Wäre in Figur 9 die Kraft d im Schwerpunkt c der Erde angesetzt gewesen, ihre Richtung also durch den Schwerpunkt gegangen, so würde sie für sich allein keine rotirende, sondern eine fortschreitende Bewegung verursacht haben, bei welcher alle Theilchen der Erde für sich gerade und unter sich parallele Linien beschrieben. Wird aber eine andere Kraft a in der Richtung von ab angesetzt, so muß durch den momentanen Stoß derselben eine drehende Bewegung erfolgen um eine Achse, die auf der Ebene der Stoßrichtung senkrecht steht und durch c geht, und diese rotirende Bewegung wird mit gleichförmiger Geschwindigkeit so lange fortdauern, bis etwa eine andere Kraft eine Veränderung bewirkt. Von der Stärke des ursprünglichen Stoßes und der Entfernung seiner Richtung ab von der den Schwerpunkt treffenden Linie dc hängt natürlich die Geschwindigkeit der Rotation ab.

§ 11. Die allgemeine Volksmeinung bei den alten Völkern ging von der Ansicht aus, unsere Erde sei der eigentliche Kern der Welt, und Sonne, Mond und Sterne nur ein wenig bedeutendes Zubehör, das sich in den höheren Luftregionen aufhalte und bewege. Man ging in diesen Dingen vom Sinnenschein aus und ließ die Erde in Ruhe, um sich desto mehr an der Bewegung zahlloser Sternenheere zu erfreuen; der Schein ward für die Wahrheit selbst genommen. Es fehlte zwar nicht an ausgezeichneten Männern, die, von Beobachtungen ausgehend, anderer Ansicht waren. So lehrte namentlich Aristarch von Samos (c. 200 v. Chr.), daß die Erde sich um ihre Achse drehe; allein seine Lehre gerieth in Vergessenheit, und der größte unter den griechischen Astronomen, Hipparch von Nicäa (150 v. Chr.), stieß bei genauerer Beobachtung der Bewegung der Gestirne auf bisher ungeahnte Schwierigkeiten, so daß er sich nicht getraute, eine einfache und allen Erscheinungen genügende Erklärung zu finden. Dagegen unternahm es ein anderer großer Astronom, Cl. Ptolemäus, von Pelusium in Aegypten (130 n. Chr.), ein System der Bewegungen aufzustellen, bei welchem er von der damals allge-

mein herrschenden Vorstellungsart von der Unbeweglichkeit der Erde in der Mitte des Weltalls ausging und folglich nur Bewegungen außer der Erde zu erklären hatte. Dieser Versuch, die Bewegungen der Planeten zu erklären (das ptolemäische System), wurde von den Arabern übersetzt, und diese Uebersetzung, der Almagest, war das Hauptwerk, aus dem man nach gelehrter Weise 1400 Jahre lang die astronomischen Kenntnisse schöpfte, statt das Buch der Natur und des Himmels selbst zu studiren. Nach Ptolemäus führt eine Alles umfassende Sphäre, von der Urkraft, einem primum mobile, umgürtet, das ganze himmlische Heer der Fixsterne, Planeten, Kometen, der Sonne und des Mondes in 24 Stunden um die Erde herum. Daneben bestehen noch einzelne Sphären, in welchen die besonderen Bewegungen Statt finden. Weil ihm von Hipparch manche genaue Beobachtungen vorlagen, die er durch eigene vermehrte, so war eine systematische Verdeutlichung aller damals bekannten Erscheinungen am Himmel für ihn schwer und seine Vorstellung davon eine höchst verwickelte, weshalb dadurch die Sache nicht ganz erklärt wurde. „Hätte er sich, sagt ein großer Astronom unserer Tage, los machen können von der allgemeinen Vorstellung einer Ruhe der Erde, so hätte ihn wol sein Scharfsinn zum wahren Weltsysteme führen können." Auf Ptolemäus folgen Jahrhunderte des traurigsten Verfalls der Astronomie; statt fortzuschreiten auf den Bahnen, welche die Alten geebnet, gefiel man sich in gedankenloser Nachbeterei, ja selbst Irrthümer tauchten wieder auf, welche die alten Astronomen mit siegreichen Gründen hinweggeräumt hatten. Erst im 15. Jahrhundert traten wieder, und zwar in Deutschland, eigentliche Astronomen auf, Männer, die selbst beobachteten und keine blinden Nachbeter waren. An der Spitze derselben steht Nikolaus Kopernikus (Köpernik), geboren 1472 zu Thorn in Preußen, der größte astronomische Forscher und Denker seit Hipparch und Ptolemäus. Er erkannte vor allen Anderen klar die Unzulänglichkeit des ptolemäischen Systems, die Bewegungen der Himmelskörper, namentlich der Planeten, daraus zu erklären. Er stellte nach drei und zwanzig jährigen Beobachtungen und Forschungen ein System auf, das, einfacher als das ptolemäische, der Natur entsprechender war, und in welchem er „das Unbegreiflichste von Allem, die 24stündige Umwälzung des ganzen Universums um die Erde, durch eine Rotation der Erde um sich selbst aufhob, die gleichförmig in der Ebene des Aequators vor sich ging" und durch die unsere Erde innerhalb 24 Stunden jeden ihrer Meridiane den Meridianen des Himmels entgegenstellt und auf diese Weise die scheinbare tägliche Bewegung desselben veranlaßt. „Daß er, sagt Mädler an einer andern Stelle, in den Alten nützliche Winke gefunden, äußert Kopernikus selbst; sein System verdankte er sicherlich nur sich. Wenn es so leicht gewesen wäre, das richtige System in jenen Aeußerungen der Alten zu finden, als manche Philologen nach Kopernikus geglaubt haben, wie hätte es denn eine so

lange Zeit selbst denen verborgen bleiben können, die auf's Eifrigste darnach suchten? Standen sie ja doch jenen Alten näher, als Kopernikus und als wir ihnen stehen! Aber es hat weder bei Amerika's Auffindung, noch bei der Buchdruckerkunst, noch bei irgend einer anderen Epoche machenden Entdeckung an Leuten gefehlt, die sogleich mit den alten Zitaten zur Hand waren, die sie nun mit einem Male zu deuten wußten, gleich als ob die klassischen Alten das ausschließliche Privilegium des Schaffens gehabt hätten und wir uns darauf beschränken müßten, sie zu studiren. Kopernikus, wie alle großen Männer der alten und neueren Zeit, studirte die Natur, diese ewige Lehrmeisterin denkender Geister. Was aus dem Studium der Bücher, wenn es als das Einzige und Höchste betrachtet wird, hervorgehen kann, hat ein langes Jahrtausend uns zur Genüge gezeigt." Im Jahr 1543 übergab er auf dringendes Zureden seiner Freunde sein Werk dem Drucke, das den Titel führt: De revolutionibus orbium cœlestium, und sah wenige Stunden vor seinem Tode das erste Exemplar desselben.

II.

Gestalt der Erde.

§ 12. Wenn in den Dichtungen Homers die Erde als eine rings vom Okeanos umflossene Scheibe vorgestellt wird, so zeigten dagegen die Beobachtungen und Messungen der späteren griechischen Naturforscher einleuchtend genug, daß derselben Kugelgestalt zukomme. Im Mittelalter wird dann die Erde wieder zur flachen Scheibe, deren Völkern allen die Sonne gleichzeitig aufgeht. Heutzutage ist die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde so allgemein verbreitet, daß Niemand mehr daran zweifelt. Keinem ist es zwar noch gelungen und wird es je gelingen, sich durch unmittelbare Anschauung davon zu überzeugen; denn die im Verhältniß selbst mit den höchsten Bergen ungeheure Größe der Erde bietet doch immer nur einen kleinen Theil ihrer Oberfläche zur Uebersicht dar, und allemal weicht eine Kugelfläche um so weniger von einer ebenen ab, je kleiner sie ist und je größer der Halbmesser der Kugel. Die Höhe des Chimborasso, wenn man sie 20148 Fuß berechnet, macht erst den 1948sten Theil des Erddurchmessers aus, er würde auf einem Globus von etwa 6 Fuß Durchmesser nur 0,45 Linien hoch sein, so daß leicht einzusehen ist, daß sich uns von seiner Spitze aus nur ein relativ kleiner Theil der Erdoberfläche zur Ueberschau darbieten kann. Die größten bisher von Menschen erreichten Höhen betragen etwa den 1720sten Theil des Erddurchmessers. So gelangte im Jahr 1789 Lunardi aus Lucca auf seiner aeronautischen Fahrt zu einer Höhe von 23,513 par. Fuß, und Biot und Gay-Lüssac im J. 1804 bei Paris zu einer Höhe von 21,600 par. Fuß, die Aussichtsweite, welche diese Höhen gewährten, betrug aber blos etwa 40 geogr. Meilen im Halbmesser. Zu solchen beschränkten Aussichtsweiten von an sich so bedeuten-

den Höhen kommt dann noch der Umstand, daß in unseren Breiten wenigstens die Aussicht von ihnen auf die Erdoberfläche gewöhnlich sehr getrübt ist. Man sieht leicht, daß aus beiden Ursachen der Beweis für die Kugelgestalt der Erde durch Anschauung ihres Gesammtumrisses nicht gewonnen werden kann. Dennoch gibt uns die Anschauung, freilich nicht auf so unmittelbare Art, mehrere solcher Beweise an die Hand, nämlich:

1. Durch die Beobachtung des allmäligen Emporkommens und Entschwindens irdischer Gegenstände nach allen Richtungen auf der Erdoberfläche. Wir sehen z. B. von der Küste aus am äußersten Rande des Meereshorizontes einen weißen Punkt auftauchen, wo wir früher nichts erblickten; es sind die obersten Segel eines Schiffes, das von der hohen See seine Richtung gegen uns nimmt. Nach und nach steigt das Segelwerk immer höher und breiter über die Meeresfläche empor, bis zuletzt auch der Rumpf des Schiffes sichtbar wird. Läuft ein Schiff vom Hafen auf die hohe See aus, so ist die ganze Erscheinung umgekehrt; vor unseren Blicken versinkt zuerst der Rumpf des Schiffes, dann folgt sein Segelwerk von unten nach oben, bis uns am äußersten Horizonte zuletzt Alles spurlos verschwindet, als wäre das ganze Schiff in's Meer versunken. Ganz dasselbe beobachten wir auf einer weiten Ebene, auf welcher wir uns etwa einer Stadt mit hohen Thürmen nähern, oder uns von ihr entfernen. Die Erscheinung bleibt nach jeder Himmelsgegend hin in beiden Fällen auch für ein bewaffnetes Auge ganz dieselbe und läßt sich einzig und allein durch die Annahme einer kugelförmig gekrümmten Oberfläche der Erde erklären.

2. Durch die Kreisform des natürlichen Horizontes. Kreisrund müßte uns zwar auf dem Meere der Horizont auch dann erscheinen, wenn die Erde eine runde Scheibe wäre. Allein ein bedeutender Unterschied zeigte sich, selbst bei reinster Atmosphäre, zwischen dem Horizonte, wie wir ihn wirklich sehen, und wie wir ihn im angenommenen Falle sehen würden. Der Horizont erscheint uns nämlich bei reiner Luft stets deutlich begrenzt, während er, wenn die Erde eine Scheibe vom wirklich gegebenen Durchmesser wäre, sich in unendlicher Ferne zu verlieren schiene. Die deutliche Begrenzung desselben schließt aber eine allzugroße Entfernung von uns aus, also auch die Scheibenform. Der Umstand, daß der Durchmesser des Horizontes größer wird, je höher wir steigen, und daß die Begrenzungslinie, die wir mit unbewaffnetem Auge sehen, sich auch für das bewaffnete Auge nicht weiter hinausrückt, zeigt uns deutlich, daß der kreisrunde Horizont der Abschnitt einer Kugeloberfläche ist.

3. Durch die veränderte Ansicht des Himmels. Reiset man in irgend einem Meridian von Norden nach Süden, so bemerkt man, je weiter man gegen Mittag gelangt, daß die Kulminationen der südlichen Gestirne immer höher am Himmel geschehen, während zugleich die der nördlichen sich immer

mehr dem Horizonte nähern; über dem Südpunkte werden immer neue Gestirne sichtbar, deren Tagkreise vorher ganz unter dem Horizonte lagen, und zugleich fangen die nördlichen Zirkumpolarsterne an, Nachtbogen zu bekommen, weil der Nordpol immer tiefer sinkt und die Erdachse sich mehr und mehr der Horizontalebene zuneigt. Hat man den Aequator erreicht, so fällt der Nordpol mit dem Nordpunkt, der Südpol mit dem Südpunkt zusammen, und die Tagbogen aller Sterne sind gleich ihren Nachtbogen, nämlich Halbkreise, die den Horizont unter rechten Winkeln schneiden. Setzt man vom Aequator die Reise nach Süden weiter fort, so bemerkt man, wie der Südpol immer höher über den Horizont emporsteigt und die Sterne des südlichen Himmels an Polhöhe gewinnen, so daß nach und nach Sterne, die man zu Anfang der Reise gar nicht erblickt hatte, Zirkumpolarsterne werden, während die nördlichen Zirkumpolarsterne mit ihren Tagkreisen den Horizont nicht mehr erreichen. Veranschaulicht man sich alle diese Erscheinungen deutlich, so findet man, daß sie nur erklärt werden können, wenn die Erde in der Richtung von Norden nach Süden bogenförmig gekrümmt ist. Wenn aber alle Meridiane eine bogenförmige Krümmung haben, so kommt der Erde Kugelform zu; sie wird daher auch in der Richtung von Westen nach Osten bogenförmig gekrümmt sein, wie die Erscheinungen zeigen, die sich darbieten, wenn man auf irgend einem Parallel von Westen nach Osten reiset. Je weiter man vom Ausgangsorte a nach Osten gelangt, desto früher kulminiren die Sterne, und es zeigt sich, daß die Zeitunterschiede dem zurückgelegten Raume proportional sind. Man erreicht weiterhin Orte, wo Gestirne kulminiren, die zu derselben Zeit in a erst am östlichen Horizonte stehen, während die am westlichen Horizont stehenden in a kulminiren. Man gelangt nun an einen Ort b, wo man Mitternachts Gestirne sieht, die man zu derselben Tageszeit in a auch sieht, die Uhr aber, die man am Ausgangsorte genau nach mittlerer Zeit gestellt hatte, zeigt Mittag, so daß also in a die Sonne kulminirt. Offenbar befinden wir uns im Meridian von a, aber auf der entgegengesetzten Erdhälfte. Ueber den Punkt b hinaus gelangt man nun an einen Ort, wo Gestirne kulminiren, die in a im Untergehen begriffen sind. Bis dahin wich die Zeit der Orte, die man nach und nach erreichte, immer mehr von derjenigen der Uhr ab, bis man zuletzt wieder in den Ort a gelangt, wo zwar die Uhr, aber nicht der Kalender mit der Zeit des Ortes übereinstimmt. Denn indem auf der ganzen Reise der Mittag nach und nach immer früher eintraf, gewann man auch immer gegen die Uhr an Zeit; in a hatte man Mittag, während in b die darauf folgende Mitternacht war, in b hatte man also 12 Stunden gewonnen, und bei der Rückkehr nach a mußte der Gewinn 24 Stunden, oder einen vollen Tag betragen. Wer umgekehrt auf einem Parallel von Osten nach Westen reiset, der findet, daß ihm der Tag immer länger wird, bis er nach einer ganzen Erdumsegelung um einen Tag zurück ist. Man

sieht leicht, daß dies nur möglich ist, wenn die Erde auch in der Richtung der Parallelen eine, wenigstens nahezu, gleichförmige Krümmung hat. — Reisen um die Erde sind vornehmlich von Seefahrern unternommen worden und werden in unseren Tagen alljährlich gemacht. Der erste Erdumsegler war Ferdinand Magelhaens, der seine Reise im J. 1519 antrat, und dessen Begleiter im J. 1522 davon zurückkehrten. Zu den berühmtesten gehören die Reisen Cooks nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts, welche in der Geschichte der geographischen Entdeckungen Epoche gemacht haben. Unser Jahrhundert hat den Beweis geliefert, daß eine Erdumseglung nicht mehr zu den großen Weltereignissen gehört, wie es noch vor 60 Jahren der Fall war, indem fast kein Jahr mehr vergeht, daß nicht die Schiffe aller Nationen im großen Ocean sich kreuzten. Von größerem Interesse sind in unserem Jahrhundert die Nordpolexpeditionen geworden, die zum Zwecke hatten, eine nordwestliche Durchfahrt aus dem atlantischen Ozean um Nordamerika nach der Behringsstraße zu suchen. Eine von der Hudsonsbai-Kompagnie ausgerüstete Expedition hat im J. 1837 das schwierige Problem gelöst.

4. Durch die Mondfinsternisse. Diese werden vom Schatten der Erde bewirkt, welcher sich hinter ihr, der Sonne gerade gegenüber, kegelförmig darstellen muß. Geht nun der Mond auf seiner Bahn um die Erde durch diesen Kegelschatten, so nimmt er ihn auf. Die Erde mag vor den Mond treten wie sie will, der Mond den Erdschatten ganz oder theilweise aufnehmen, der Schatten bildet sich unter allen Umständen rund ab. Dies ist aber nur möglich, wenn die Erde kugelförmige Gestalt hat.

Aus allen diesen Anschauungsbeweisen, die einander gegenseitig ergänzen und unterstützen, wird man die Ueberzeugung gewinnen, daß der Erdkörper nach allen Richtungen rund und wenigstens einer Kugel ähnlich sei. Verstärkend tritt zu ihnen der Beweis aus der Analogie. Seit der Erfindung der Fernröhre nämlich (1610) haben uns die teleskopischen Beobachtungen die anderen Planeten alle als Kugeln gezeigt, und wir ziehen daraus den Schluß, daß ihnen auch die Erde in dieser Hinsicht ähnlich sei, weil kein Grund zur Annahme des Gegentheils vorhanden ist. Daß die Erdhöhen keinen sehr merklichen Einfluß auf die Kugelgestalt äußeren können, erhellt schon aus dem oben angeführten Verhältniß der Höhe des Chimborasso zum Erddurchmesser. Zudem ist zu unterscheiden zwischen Bergen und Plateaux. Die höchsten Berge ragen nur als vereinzelte Spitzen über das niedrigere Gebirge empor, dem sie zugehören, und die höchsten Plateauflächen erreichen in der Regel kaum die Hälfte von der Höhe der höchsten Bergspitzen, die sie umgeben, so daß also auch sie, obwol sie größere zusammenhängende Ländermassen umfassen, keine beträchtlichen Abweichungen von der Kugelgestalt verursachen können. Und eben so unerheblich, wie die höchsten Bergeshöhen

im Vergleich mit dem Erddurchmesser, ist auch das Volumen selbst mächtiger Gebirgsketten im Verhältniß zur Oberfläche der Erde. „Die Masse der Pyrenäen, sagt A. v. Humboldt, einer Kette, von der die mittlere Höhe des Rückens und der Flächeninhalt der Basis, welche sie bedeckt, durch genaue Messungen bekannt sind, würde, auf das Areal von Frankreich gestreut, letzteres Land nur um 108 Fuß erhöhen. Die Masse der östlichen und westlichen Alpenkette würde in ähnlichem Sinne die Höhe des Flachlandes von Europa nur um 20 Fuß vermehren. Die Erde wird durch ihre Erhebungen zwar wol zu einer unebenen Kugel, aber diese Unebenheiten sind von keinem Belang im Verhältniß zur ganzen Erdmasse."

§ 13. Trotz dieser aus der Anschauung geschöpften Beweise gab es früher unter Gelehrten und Geistlichen doch Viele, welche gegen die kugelähnliche Gestalt der Erde manche, oft lächerliche Zweifel erhoben. Unter anderem hielt man es für eine Ketzerei, an Gegenfüßler zu glauben. Aber eben diese Zweifel riefen eine zweite Gattung von Beweisen, die physikalisch-mathematischen, hervor, durch welche einerseits das Ergebniß aus den Anschauungsbeweisen vollkommen bestätigt, andrerseits die streng geometrische Gestalt der Erde dargethan wird. Diese Beweise stützen sich auf die Gesetze des Gleichgewichts, sowie auf astronomisch-geometrische Messungen und daraus abgeleitete Rechnungen.

Zum Verständniß des ersten dieser Beweise muß vor Allem ein Satz vorangestellt werden, dessen Richtigkeit hier vorausgesetzt, später aber näher besprochen werden wird, der nämlich, daß unsere Erde sich ursprünglich im flüssigen Zustande befunden hat. Nun ist schon oben (§ 2) gesagt worden, daß in jedem flüssigen Körper die Kraft des Zusammenhangs von jedem Theilchen aus mit gleicher Stärke nach allen Richtungen wirke. Stellen wir uns nun die flüssige Erdmasse im Raume frei schwebend vor, so wird durch die Anwendung dieses Satzes die Gestalt derselben auszumitteln sein. Wurde jedes Theilchen der flüssigen Erde nach allen Richtungen hin von allen übrigen angezogen, so wird es auch mit allen übrigen sich haben verbinden wollen, und dies, so weit es immer möglich war, gethan haben. Die natürliche Folge davon mußte sein, daß so wenige Theilchen als möglich blos lagen, weil alle entblößt liegenden Theilchen nach einer Richtung hin nicht mit den übrigen verbunden sind. Dies ist aber der Fall mit allen Theilchen, welche die Oberfläche bilden. Es werden sich daher in der flüssigen Erdmasse so wenige Theilchen als möglich blos gelegt, oder die Oberfläche gebildet haben. Die flüssige Erdmasse mußte demnach, wenn sie allein diesem Streben überlassen war, einen Körper mit der möglichst kleinsten Oberfläche zu bilden suchen. Unter allen Körpern hat aber bei gleicher Masse die Kugel die verhältnißmäßig kleinste Oberfläche; die Erdmasse konnte daher nur in Kugelgestalt erscheinen, wenn sie in ihrem ursprünglichen Zustande unter der alleinigen

Einwirkung der Kohäsionskraft stand. Nachdem sie aber durch den momentanen ursprünglichen Stoß in eine rotirende Bewegung gekommen war, wurden damit neue Kräfte in ihr hervorgerufen, welche gleichfalls auf ihre Gestalt einwirkten. Was für Kräfte hier gemeint seien, läßt sich durch folgende Beispiele veranschaulichen. Drehen wir eine schwere Kugel an einer dünnen Schnur um uns herum, so bemerken wir, wie Schnur und Kugel bald eine horizontale Lage annehmen; je schneller der Umschwung wird, desto straffer wird die Schnur gespannt und übt eine ziehende Kraft aus von uns gegen die Peripherie der Bewegung hin, bis sie endlich zerreißt und die Kugel in einer geraden Linie davon fliegt. Läßt man eine weiche Thonkugel um ihre Achse schwingen, so blähen sich, je schneller die Rotation ist, die Theilchen an ihrem Aequator immer mehr auf und streben, sich von der Drehungsachse zu entfernen, so daß die Thonkugel eine pomeranzenähnliche Gestalt gewinnt. In beiden Fällen wird durch die Drehung eine Kraft erzeugt, die vor der Drehung nicht vorhanden war, und welche sich in dem Bestreben äußert, den umschwingenden Körper von der Drehungsachse zu entfernen. Diese Kraft ist keine andere, als die Tangential- oder Schwungkraft, von welcher in den Vorbegriffen (§ 5) bereits die Rede war. Dasselbe, was bei der weichen Thonkugel, wird nun auch bei der rotirenden Erde eintreffen; jeder rotirende Punkt wird sich in gerader Linie von der Drehungsachse zu entfernen streben, und zwar nicht in der Richtung des Radius, sondern in der der Tangente, und würde, wenn er durch nichts daran gehindert würde, in der Tangente des Rotationskreises fortgehen, ähnlich wie auch das Wasser thut, das von den Felgen eines schnell umschwingenden Wagenrades geradlinig fortgespritzt wird, weil die Schwungkraft die Adhäsion überwiegt. Allein bei der Erde wirkt der Schwungkraft die zusammenhaltende Kraft der Schwere entgegen, und das Zusammenwirken beider Kräfte hat die wahre Gestalt der Erde zur Folge, welche ihre Geschichte ist und unverkennbar auf eine einst weiche oder flüssige Masse deutet. Die Schwungkraft ist nun für die Theile eines Körpers, die ihre Rotation in derselben Zeit vollenden müssen, aber in verschiedenen Abständen von der Achse stehen, proportional diesem Abstande oder dem Rotationshalbmesser, sie wird daher ihren Einfluß am stärksten auf diejenigen Punkte der Erde äußern, die von der Drehungsachse am entferntesten sind, also am Rotationsäquator liegen, und derselbe wird sowol gegen die Pole, als gegen die Drehungsachse hin abnehmen, indem nach beiden Richtungen die Rotationskreise immer kleiner, folglich auch die Geschwindigkeiten immer geringer werden, bis in der Achse und im Pol selbst die Geschwindigkeit gleich Null ist. Wo aber die Rotationsgeschwindigkeit geringer ist, da wird sich die nach dem Mittelpunkt der Erde hinziehende Kraft um so wirksamer zeigen; an der Oberfläche also an den Polen. Die Folge aus dem Zusammenwirken beider Kräfte

wird sein, daß die Erdtheilchen des Aequators in dem Gürtel zu beiden Seiten sich anhäufen, während sie an den Polseiten zusammengedrückt erscheinen, wodurch die Erde die Gestalt eines elliptischen Umschwungssphäroides erhält, dessen polarer Durchmesser kleiner ist als der äquatorische. Figur 10, die sich bei Hartmann findet, veranschaulicht die Sache am besten. Senkrecht auf der Achse PP sind ausdehnsame Stäbe befestigt, am Ende eines jeden eine Kugel, und die Stäbe so lang, daß die Kugeln im Halbkreis PxAxP liegen. Wird nun die Kugel um PP, als Achse, schnell herumgedreht, so werden alle Kugeln Parallelkreise durchlaufen, und zwar alle in derselben Zeit einer vollen Umdrehung um die Achse PP. Da aber die Umfänge dieser Parallelkreise, je näher sie von A aus nach PP liegen, immer kleiner werden, mithin auch die Geschwindigkeit der Kugeln nach PP zu abnimmt, so werden zwar alle Stäbe, aber nicht um ein gleich langes Stück, sich ausdehnen, sondern um so weniger verlängert werden, je weiter sie von AC entfernt sind. Lagen also die Kugeln vor der Umdrehung um PP in der Kreislinie PxAxP, so werden sie während der Drehung in einer krummen Linie sich befinden Px'Ax'P, die große Aehnlichkeit mit einer Ellipse hat, deren kleine Achse PP, deren große C'A' ist.

Huygens und Newton waren die ersten, welche auf theoretischem Wege aus dem Einfluß der Schwere und Schwungkraft auf die Erde die sphäroidische Gestalt derselben ableiteten. Der letztere bestimmte sogar das Verhältniß, in welchem Achse und Aequatordurchmesser zu einander stehen, nämlich 230 und 231, falls die Erde gleichförmig dicht sei. Wäre sie dies nicht, und z. B. gegen die Mitte stärker verdichtet, so sei die Abplattung kleiner, im umgekehrten Falle größer.

Im Jahr 1672 bewies der Franzose Richer durch direkte Versuche mit dem Sekundenpendel zuerst die Richtigkeit des Newtonischen Satzes von der sphäroidischen Gestalt der Erde. Er beobachtete zu Cayenne, etwa unter dem 5° n. Br., sein Pendel, welches in Paris in einer Stunde genau 3600 Schwingungen machte, mußte er zu Cayenne um 1,25 Linien verkürzen, wenn es daselbst eben so viele Schwingungen machen sollte, das verkürzte Pendel aber mußte er zu Paris wieder um eben so viel verlängern. Unverkürzt machte sein Pendel zu Cayenne täglich 150 Schwingungen weniger als in Paris, und hier, wenn es unverlängert blieb, 150 Schwingungen mehr als in Cayenne, und ging also etwas über 2 Minuten zu spät oder zu früh. Solche Versuche wurden oft wiederholt, um sich zu überzeugen, ob nicht vielleicht die Wirkung der verschiedenen Temperaturen Ursache von obiger Verkürzung oder Verlängerung sei, und man stellte Beobachtungen mit dem Pendel selbst auf den Schneegipfeln der südamerikanischen Anden in den mit der pariser Temperatur ganz gleichen Temperaturzonen an. Alle stimmten hinsichtlich der Veränderung der Pendellänge mit einander überein, und es zeigte sich, daß das Pendel, welches unter dem Aequator seine 3600 Schwin-

gungen macht, bei'm Vorrücken gegen die Pole bis zum 20° n. Br. um 1 Linie, bis zum 52° um 2 Linien und so fort in gewissen Proportionen verlängert werden muß. Wie ist nun diese Erscheinung zu erklären? Wir wissen aus § 4, a der Vorbegriffe, daß die Dauer eines Pendelschlags theils von der Pendellänge, theils vom Grad der Anziehungskraft abhängig ist. Ist das Pendel lang, so nähert sich der Schwingungsbogen der Horizontalebene und die Schwingungen werden langsamer, weil das Pendel nirgends im Bogen einen steilen Fall hat, während sie umgekehrt schneller werden, wenn das Pendel kürzer, der Schwingungsbogen somit gekrümmter und steiler ist. Eben so sind die Schwingungen schneller, wenn die Ziehkraft der Schwere größer, langsamer, wenn sie geringer ist. Der Grad der Ziehkraft bei der Erde, deren Masse unverändert bleibt, hängt aber davon ab, ob das Pendel dem Mittelpunkt der ziehenden Kräfte näher oder von ihm entfernter sei. Ist nun die Erde eine vollkommene Kugel, d. i., sind alle Punkte der Oberfläche gleich weit vom Mittelpunkte entfernt, so müssen sie auch alle gleich stark von diesem angezogen werden, und ein richtiges Sekundenpendel muß überall in gleicher Zeit gleich viel Schwingungen machen. Die Beobachtung zeigt aber, daß seine Schwingungen um so schneller geschehen, (in so fern es unverändert bleibt), je mehr man sich den Polen nähert, und zwar ist nicht die Veränderung der Pendellänge, sondern die vermehrte Anziehung der Erdschwere die Ursache davon. Diese verkürzt den Schwingungsbogen und macht, daß die Schwingungen schneller geschehen. Die Einwirkung der Erdschwere kann nun mit der Annäherung an die Pole nur in dem Falle bedeutender werden, wenn wir dort dem Mittelpunkt der Schwere näher sind als am Aequator. Dies ist aber nicht möglich, wenn die Erde eine Kugel, sondern nur, wenn sie ein unter den Polen abgeplattetes Sphäroid ist. Aus dem Gesagten erhellt, daß das Pendel, wenn es mit dem Vorrücken gegen die Pole nicht mehr als 3600 Schwingungen machen soll, verlängert werden muß, daß die Länge des Pendels mit zunehmender Breite auch die Zunahme der Schwere anzeigt, und daß somit, da die Zunahme der Schwere eine Annäherung an den Schwerpunkt voraussetzt, die Versuche mit dem Sekundenpendel den Satz Newtons von der sphäroidischen Gestalt der Erde vollkommen bestätigen. Die Länge des einfachen Sekundenpendels beträgt unter dem Aequator 3,0506, an den Polen 3,0665 par. Fuß; der Fallraum in der ersten Sekunde im luftleeren Raum ist am Aequator 15,054, an den Polen 15,132 par. Fuß; und ist die Schwere am Aequator 1, so ist sie an den Polen 1,005176 par. Fuß. — Ein anderes Verhältniß, als das von Newton berechnete, ergibt sich aus den Pendelbeobachtungen für die Länge der Achse und des Aequatordurchmessers. Das aus den auf der nördlichen Halbkugel gemachten Pendelmessungen berechnete Mittel ergibt für die Abplattung der Erde die Größe $1/_{305}$, während die unter geringeren nördlichen und südlichen

Breiten angestellten Versuche das unerwartete Resultat von $^1/_{289}$ geben. Nimmt man für die Abplattung $^1/_{302}$ des Erdhalbmessers an, so ist der Polardurchmesser fast 5,8 Meilen kleiner als der äquatorische, und die Anschwellung der Erde unter dem Aequator beträgt also mehr als 4 Mal die Höhe des Montblanc.

Nicht nur die sphäroidische Gestalt, auch die Rotation der Erde beweisen die Pendelmessungen. Wenn zwar allerdings in den Polargegenden, wo alle Massentheilchen der Erde, selbst die entferntesten am entgegengesetzten Pole einander näher liegen als unter dem Aequator, das Pendel schneller fallen und schneller schwingen muß, so zeigen dennoch die Fallgeschwindigkeiten am Aequator und am Pol, mithin auch die Fallräume einen Unterschied, der bedeutender ist als er wegen des größeren oder kleineren Abstandes aller anziehenden Massentheilchen an einem Orte nahe am Aequator oder Pol der Berechnung nach sein sollte. Beobachtungen und Vergleichungen lehrten, daß dieser Unterschied von der Abplattung allein nicht herrühren kann. Es muß also noch eine andere Ursache die Abplattung unterstützen, und diese Ursache ist die Rotation, die durch die Schwungkraft, die sie erzeugt, die Erdschwere an allen Orten, mit Ausnahme der Pole, vermindert, am meisten am Aequator. Man sehe z. B. nur, wenn man eine bestäubte Kugel schnell im Kreise dreht, wie trotz der Adhäsion der Staub gegen den größten Rotationskreis hin davon fliegt. Am Aequator wird daher die Schwere, wo ihr eine größere Kraft, als irgendwo, entgegenwirkt, auch eine geringere Wirkung äußern, und es werden eben deßhalb dort die Fallräume geringer, die Pendelschwingungen langsamer sein, als sie es ohne dies nicht wären. Die Pendelmessungen liefern also den vierten, oben (§ 9) versprochenen Beweis für die Rotation der Erde.

Pendelmessungen anzustellen ist übrigens nicht so leicht als es scheint; denn die ungleiche Dichtigkeit der Erdschichten, welche einen ungleichen Einfluß auf das Sekundenpendel haben muß, erschwert dieselben, und zudem fehlt es ihnen, so schätzenswerth sie sonst sind, an der für so kleine Größen erforderlichen Schärfe. Dies erzeugte den Wunsch nach möglichst genauen Messungen anderer Art, die unter dem Namen der **Gradmessungen** berühmt geworden sind. Man hat **Breitengrade** und **Längengrade** gemessen; weil aber die Längenunterschiede unsicher zu bestimmen sind, so gewähren die Messungen von Längengraden nicht so genaue Resultate, wie die von Breitengraden.

Ist die Erdoberfläche nach den Polen hin abgeplattet, so ist die Strecke, welche man im Meridian zurücklegen muß, damit der Polarstern seine Höhe um 1° ändere, nach den Polen hin eine größere als am Aequator. Das Verfahren bei Breitengradmessungen ist im Allgemeinen folgendes: Man setzt das dazu gebräuchliche Instrument, den Theodolith, in irgend einem

Punkte fest, so daß die Visirlinie nach dem Polarsterne zeigt. Durch die Drehung derselben um ihre Achse wird die Meridianebene beschrieben, und es werden alle Punkte, die in der Richtung der Visirlinie liegen, Punkte der Meridianebene sein, deren Durchschnitt mit der Erdoberfläche die Meridianlinie gibt. Nun schickt man einen Mann in dieser Richtung fort und weiset ihn durch verabredete Signale in die richtige Meridianebene ein. Dort steckt er eine Stange auf und geht weiter, um in einiger Entfernung wieder auf ähnliche Weise in der Richtung nach Norden eine Stange aufzustellen u. s. w. Jetzt muß in dieser durch Stäbe bezeichneten Linie ein Punkt aufgesucht werden, der gerade 1° Breite mehr hat als der Punkt a. War in a die Polhöhe = 46° 51′, so gehen wir um so viel nach Norden, bis wir durch Beobachtungen am Himmel einen Punkt gefunden haben, wo die Polhöhe 47° 51′ beträgt, und wir haben so einen Grad Breite auf der Erde zurückgelegt, dessen lineäres Maaß nunmehr durch Messungen auf der Erde bestimmt werden muß. Hiebei zeigt es sich nun, daß die Breitengrade mit der Annäherung an die Pole größer werden, und diese Größenzunahme ist ein direkter Beweis für die Abplattung der Erde. Die Grade am Himmel sind nämlich alle einander gleich; ist nun die Erde eine Kugel, so sind ihre Meridiane Kreislinien, deren Grade ebenfalls alle gleich sein müssen; die Beobachtung lehrt aber, daß die an den Himmelsgraden gemessenen Erdgrade vom Aequator gegen die Pole zunehmen, und dieß kann nur Statt finden, wenn die Meridiane gegen die Pole hin immer weniger gekrümmt, d. i. wenn sie Ellipsen sind, die Erde mithin an den Polen abgeplattet ist. Ein weniger gekrümmtes oder flacheres Bogenstück hat einen größeren Krümmungshalbmesser und sein Kreis ist größer als der eines gekrümmteren Bogenstückes, dessen Krümmungshalbmesser kleiner ist, man muß folglich auf ersterem eine größere Strecke im Meridian zurücklegen, bis der Polarstern seine Höhe um 1° ändert, als auf letzterem. Es sei Figur 11, AzxP ein elliptischer Quadrant, in P das Ende der kleinen, in A das Ende der großen Achse, so sieht man bald, daß, um gleich viel Krümmung zu erhalten, man von P nach nach x weiter zu gehen habe, als von A nach z.

§ 14. Die erste Breitengradmessung, welche ein genaueres Ergebniß geliefert hat, war die von **Bouguer**, **La Condamine** und **Godin** in Peru, wohin sie im Jahr 1735 gingen, wegen Terrainschwierigkeiten aber und wegen der Entlegenheit von allen wissenschaftlichen Hülfsmitteln mit der Messung erst im Jahr 1744 fertig wurden. Zu gleicher Zeit gingen im Jahr 1736 Maupertuis und Clairaut, in Verbindung mit dem schwedischen Gelehrten Celsius, nach Lappland, um in der Nähe des Polarkreises eine ähnliche Arbeit zu unternehmen, mit der sie schon 1757 zu Stande kamen. Das Resultat war:

Größe eines Meridiangrades in Peru 56753 Toisen,
" " " " " " Lappland 57422 "

der Grad am Pole also größer als am Aequator. Die Größe der Abplattung selbst fand sich 1/178; es zeigten jedoch spätere Untersuchungen, daß die lappländische Messung beträchtlich fehlerhaft war. Diesen ersten Messungen folgten zu verschiedenen Zeiten und zum Theil in den entlegensten Erdgegenden bald ähnliche nach, so am Cap der guten Hoffnung, in Pensylvanien, in Italien, Oesterreich und Ungarn, in China, Ostindien, in England, Hannover, Holstein, Preußen, Rußland und Finnland. Alle gaben dasselbe Hauptresultat, nach welchem die Grade der Breite vom Aequator gegen die Pole hin größer werden. Aus den zu Grunde gelegten genauesten Messungen hat die Berechnung folgendes Ergebniß geliefert:

Halbmesser des Aequators 3,271953,854 Toisen = 859,43 geog. Meilen,
Halbe Erdachse . . 3,261072,900 " = 856,57 " "
Verhältniß beider . . 300,7047 : 299,7047, also in runder Zahl die Abplattung = 1/300, eine Größe, welche der aus den Pendelmessungen berechneten nahezu gleich kommt. *)

Aequatorgrad . 57106,37 Toisen = 15 geograph. Meilen.
1/360 des Meridians 57008,72 Toisen = 14,974 geograph. M.
1 geograph. Meile 3807,091 Toisen = 22842,55 par. Fuß.
Oberfläche des Sphäroides 9,261436 geograph. Quadratmeilen.
Inhalt des Sphäroides 2650,269100 geogr. Kubikmeilen.

Tafel der Längen- und Breitengrade des Erdkörpers, nebst den Radien-Vektoren des Erdsphäroides.

Breitegrad.	Meridiangrad.	Parallelgrad.	Radius Vektor.
	t	t	
0	56727,194	57106,37	1,000000
5	56731,485	56890,49	0,999975
10	56744,235	56244,41	0,999900
15	56765,062	55172,77	0,999779
20	56793,347	53683,27	0,999614
25	56828,252	51786,65	0,999410
30	56868,732	49496,65	0,999147
35	56913,575	46829,97	0,998912
40	56961,432	43806,15	0,998633
45	57010,860	40447,50	0,998344
50	57060,358	36778,99	0,998054
55	57108,423	32828,08	0,997774
60	57153,580	28624,55	0,997511
65	57194,448	24200,27	0,997272
70	57229,765	19589,04	0,997066
75	57258,438	14826,21	0,996899
80	57279,579	9948,50	0,996776
85	57292,535	4993,63	0,996700
90	57296,898	0	0,996674

*) Die neueste Berechnung Bessels findet das Verhältniß beider Achsen 299,1528 : 298,1528, wonach halbe große Achse = 3.272077,14t, halbe kleine Achse = 3.261139,33t.

Diese Größen sind im Allgemeinen richtig, indem sie sich möglichst genau den Beobachtungen anschließen; dennoch zeigen sich Abweichungen, indem fast jeder Meridian eine andere Krümmung hat, und folglich das regelmäßige Sphäroid nicht durchaus der Erdgestalt entspricht. Die wirkliche Erdoberfläche erhebt sich über die regelrechte eines Sphäroides hier und da wellenförmig und senkt sich an anderen Stellen. Die Unterschiede sind übrigens im Allgemeinen unbedeutend, und so hindert nichts, die Erde im Ganzen dennoch als ein elliptisches Umschwungssphäroid zu betrachten, von dem die physische Oberfläche überall bald in stärkeren, bald in schwächeren, bald in längeren, bald in kürzeren wellenförmigen Hebungen und Senkungen abweicht.

In obiger Tafel ist die mittlere Größe eines Breitengrades angegeben, welche als eine bleibende und beständige für alle Breitengrade kann angesehen werden. Anders ist es mit den Längengraden, welche auf den vom Aequator gegen die Pole hin immer kleiner werdenden Parallelkreisen liegen und natürlich mit diesen ebenfalls kleiner werden müssen. Wer für jede beliebige Breite die Größe des Längengrades wissen will, verfahre nach folgender Regel: Die Größe des Halbmessers für einen unter gegebener Breite liegenden Parallelkreis wird gefunden, wenn man aus der Differenz zwischen dem Quadrate des Erdhalbmessers und dem der geographischen Breite des Parallels die Quadratwurzel zieht, multiplizirt man dann die erhaltene Größe mit 2 und das Produkt hieraus mit 3,1415.., so hat man den Umfang des Parallels, aus welchem man durch Division mit 360 die Größe des Grades erhält.

§ 15. Wird die Lage eines Ortes auf der Erde bestimmt, so wird seine geographische Länge und Breite angegeben; die Länge wird auf dem Aequator, die Breite auf dem Meridian gemessen. Unter den Meridianen nimmt man einen als den ersten an und nennt ihn Normalmeridian; der Aeauator und der Normalmeridian sind also die Elemente zur genauen Bestimmung der geograph. Lage eines Ortes. Die Bestimmung der Breite eines Ortes ist ziemlich leicht, man braucht nur seine Polhöhe zu bestimmen, die der Breite gleich ist. Die Polhöhe kann man finden, wenn man die Höhe eines Zirkumpolarsternes zur Zeit der oberen und unteren Kulmination mißt, d. i. wenn der Stern zwischen dem Pol und dem Südpunkt des Horizontes und zwischen dem Pol und dem Nordpunkt des Horizontes durch den Meridian geht, und alsdann zur kleineren Höhe die Hälfte der Differenz beider addirt. Die von den Seefahrern allgemein gebrauchte Methode besteht darin, den Zenithabstand der Sonne, oder ihre Höhe im Mittag zu messen. Da nun die astronomischen Jahrbücher die Entfernung der Sonne vom Aequator für jeden Tag im Jahr zum Voraus berechnet enthalten, so hat man Alles, was zur Bestimmung der Breite eines Ortes erforderlich ist; denn

wenn man sich auf der nämlichen Seite des Aequators befindet, so gibt die Summe beider Größen, wenn man sich auf entgegengesetzten Seiten des Aequators befindet, die Differenz beider Größen das Gesuchte. Auf der nördlichen Halbkugel wird die Ausmittlung der Breite dadurch erleichtert, daß der helle Polarstern nahe am Weltpole steht, indem sein Abstand nicht viel über $1^1/_2$ Grad beträgt. Zur Bestimmung der Länge eines Ortes ist eine richtig gehende Uhr nothwendig, wobei es dann darauf ankommt, anzugeben, wie viele Stunden, Minuten, Sekunden, Tertien der Ort früher oder später Mittag habe, oder überhaupt eine jede andere Tageszeit. Da nun die Länge mittelst eines Bogens angegeben, nach dieser Forderung aber Zeit verlangt wird, so sind für die Längenbestimmungen Beobachtungen am Himmel und die Verwandlung der Bogen in Zeit und umgekehrt die hauptsächlichsten Elemente. Was das letztere betrifft, so weiß man aus Erfahrung, daß ein Ort, der 15° östlicher oder westlicher liegt als ein anderer, 1 Stunde früher oder später Mittag hat als der andere, weil die Sonne ihren scheinbaren täglichen Lauf in 24 Stunden vollendet und jeder Ort auf der Erde in dieser Zeit 360° beschreibt, oder die Sonne in dieser Zeit sich durch 360° bewegt. Nun hat jede Stunde 60 Minuten, wovon auf jeden Grad $\frac{60}{15} =$ 4 Minuten kommen; also geht bei der 24stündigen Achsenbewegung der Erde in je 4 Minuten 1 Grad durch den Meridian, oder jeder Grad eines Parallelkreises hat 4 Minuten später Mittag, als der ostwärts neben ihm liegende. Soll man daher eine gegebene Anzahl von Längengraden, Minuten u. s. w. des Aequators oder seiner Parallelkreise in Zeit verwandeln, so braucht man die gegebenen Grade, Minuten, Sekunden nur mit 4 zu multipliziren, wodurch man Zeitminuten, Zeitsekunden u. s. w. erhält; diese verwandelt man sodann in Stunden, Minuten, Sekunden und Tertien. Soll z. B. ein Längenbogen von 27°10'50'' in Zeit verwandelt werden, so erhält man (27° 10'50'') × 4 = 108 Min. 40 Sek. 200 Tert.; oder in Stunden verwandelt, 1 St. 48 Min. 43 Sek. 20 Tert., um welche Zeit Chur früher Mittag hat, als ein Ort unter dem Meridian von Ferro. Hieraus folgt umgekehrt das Verfahren, wie man die gegebene Zeit in Grade, Minuten und Sekunden, also in Bogen, verwandelt. Nachdem man die Tage in Stunden, diese in Minuten, die Minuten in Sekunden verwandelt hat, dividirt man letztere durch 4; die hierdurch erhaltenen Minuten stellen die Grade, die Sekunden die Bogenminuten und die Tertien die Bogensekunden vor. Hat man z. B. 1 Stunde, 48 Min. 43 Sek. und 20 Tertien, um welche eine Uhr an einem Orte (Chur) mehr zeigt als an einem anderen (im Meridian von Ferro), so erhält man $\frac{\text{108 Min. 43 Sek. 20 Tert.}}{4} = 27°10'50''$, oder die Länge von Chur östlich von Ferro. Aus der Differenz mit einer in Ferro richtig gehen-

den Uhr findet man also die Länge eines Ortes. Längenbestimmungen können ferner durch gleichzeitige Signale geschehen. An beiden Orten müssen die Uhren genau nach mittlerer Zeit gehen; man bestimmt dann an jedem Orte in Zeit seiner Uhr den Augenblick, in welchem die Lichterscheinung gesehen wird, so folgt aus dem Unterschied beider Uhren der Längenunterschied. Zu diesem Zweck können Raketen, Pulversignale, lichtstarke Lampen, oder reflektirtes Sonnenlicht dienen; ebenso, besonders für größere Entfernungen, der Eintritt und Austritt des Schattens bei Mondfinsternissen und die Verfinsterungen der Jupiters-Trabanten. Sind Beobachtungen am Himmel, oder solche Signale nicht zu jeder Tageszeit möglich, so braucht man zu Längenbestimmungen die Distanzen des Mondes von der Sonne oder von anderen bekannten Fixsternen, und wer nun eine genaue Kenntniß des Mondlaufes besitzt, der kann aus den Monddistanzen, die ebenfalls, wie die Deklination der Sonne, in den astronomischen Jahrbüchern angegeben sind, in den meisten Nächten die Länge messen.

III.

Jährliche Bewegung der Erde.

§ 16. Wenn der augenblickliche Stoß, den nach § 10 die Erde anfänglich durch eine äußere Kraft erhielt, die Ursache ihrer rotirenden Bewegung war, so war er es auch nicht minder hinsichtlich der fortschreitenden ihres Mittelpunktes, gerade wie in ähnlichem Verhältnisse die Billardkugel, wenn sie auch nicht in der Richtung ihres Mittelpunktes getroffen wird, außer der drehenden eine fortschreitende Bewegung erhält. Wenn nun keine andere Kraft auf die Erde einwirkte, so mußte deren fortschreitende Bewegung eine gradlinige sein. Allein die Erde befindet sich im Himmelsraume nicht allein, sondern näher oder entfernter von ihr sind noch Millionen von Himmelskörpern, welche durch die Gravitation alle auf einander einwirken, und zwar nach Verhältniß ihrer Entfernung und Masse. In der Nähe der Erde ist der größte Himmelskörper die Sonne, die durch ihre ungeheure Masse mit überwiegender Kraft die Erde anzieht. Was sind nun für Richtungen denkbar, in denen sich die Erde in Beziehung auf die Sonne bewegen konnte, vorausgesetzt, ihre progressive Bewegung geschehe in der Ebene des Sonnenäquators? Wir wollen drei derselben näher prüfen. 1.: Entweder bewegt sich die Erde direkt gegen die Sonne hin; alsdann ist ihre Bewegung das Produkt aus ihrem Fortschreiten im Raume und der Ziehkraft der Sonne; oder 2.: Die Erde bewegt sich in einer, der ersteren entgegengesetzten Richtung, von der Sonne abwärts, sie entfernt sich von ihr; oder endlich 3.: Die Bewegung der Erde ist in einer gewissen Entfernung von der Sonne eine Tangentialbewegung (§ 5), zufolge welcher die Erde bestrebt ist, zwar

nicht in direkter Richtung, aber doch je länger je mehr sich von der Sonne zu entfernen. In diesem Falle ist Dreierlei denkbar: Die Erde entfernt sich von der Sonne, weil die Tangentialkraft überwiegend ist, oder sie nähert sich ihr, weil die Ziehkraft der Sonne größer ist, oder beide Kräfte halten sich das Gleichgewicht, und weder Annäherung noch Entfernung findet Statt. Was von allem dem stimmt nun mit Beobachtung und Erfahrung überein?

Wenn die Erde sich von der Sonne entfernt, so wird sie nach und nach in Himmelsräume gelangen, wo uns der große „Weltengarten" ganz anders erscheint, wo wir unsere Sonne kleiner, andere Fixsterne größer als jetzt, und ihre gegenseitige Stellung zu einander verändert sehen, wo wir ganz andere Sternzonen, andere und neue Sternbilder und den lichten Schimmer der Milchstraße in lauter Sterne aufgelöst erblicken u. s. w. Umgekehrt, nähert sich die Erde der Sonne, so wird auch in diesem Falle die Ansicht des gestirnten Himmels eine andere, nie gleich wiederkehrende sein, die Sonne, Merkur und Venus werden uns nach und nach immer größer, die oberen Planeten immer kleiner erscheinen, der Schimmer der Milchstraße wird unserem Auge entschwinden, und zuletzt — was indeß schon längst hätte geschehen müssen — würde die Erde auf die Sonne stürzen. Allein von allem dem zeigt die Erfahrung das Gegentheil; denn der gestirnte Himmel erscheint uns zwar zu verschiedenen Jahreszeiten in verschiedener, aber in den gleichnamigen Jahreszeiten immer in wiederkehrender, gleicher Gestalt, so daß irgend ein Gestirn in jedem Jahr an denselben Tagen ein und dieselbe Stelle am Himmel wieder einnimmt. So z. B. sehen die Bewohner der nördlichen gemäßigten Zone im Frühling um Mitternacht den großen Bären im Zenith, während das glänzende Gestirn des Orion im Westen untergeht; nach sechs Monaten dagegen geht der große Bär um Mitternacht am nördlichen Horizonte hin, während der Orion im Osten aufgeht. Ferner bemerkt man, daß die Sonne, außer ihrer täglichen scheinbaren Bewegung im Laufe eines Jahres ihre Stelle auf zweierlei Arten zu wechseln scheint. Einmal steigt sie wechselsweise höher oder niedriger, gegen den einen oder anderen Pol ab oder auf, so daß sie bald dem Norden, bald dem Süden näher steht. Vergleicht man zweitens ihren Standpunkt mit dem der übrigen Sterne, so scheint es täglich, daß sie gegen Osten und die Gestirne gegen Westen vorschreiten; denn die Sterne, welche man früher nach der Sonne untergehen sah, scheinen schon am folgenden Tage sich in die Strahlen der Sonne zu verlieren, und nach einigen Tagen geht ihr Aufgang der Sonne immer mehr und mehr vorher, so daß man sie erst nach 365 Tagen in derselben verhältnißmäßigen Lage mit der Sonne wieder findet. Diese Erscheinungen wiederholen sich, wie schon bemerkt, alle Jahre regelmäßig und in denselben Monaten des Erdenjahres, und wir haben hier offenbar unter geänderten Verhältnissen denselben Fall, der uns bei der Rotation vorgekommen ist.

Wie die scheinbare tägliche Bewegung des gestirnten Himmels auf die wirkliche der Erde zurückgeführt werden mußte, so erklärt sich auch die regelmäßige jährliche Wiederkehr der Erscheinungen am Himmel nur dadurch, daß die fortschreitende Bewegung der Erde im Himmelsraume alle Jahre denselben Weg verfolgt, und jedes Jahr zu derselben Zeit in dieselbe Gegend des Himmels eintritt. Die Kraft, welche die Erde an die Sonne bindet, so daß sie sich nicht von ihr entfernen, ihre Bahn nicht verlassen kann, ist die Ziehkraft der Sonne, ihre Zentripetalkraft, die Kraft dagegen, welche ihre Annäherung der Erde an die Sonne hindert, und durch die sie in der Richtung der Tangente sich in Folge des anfänglichen momentanen Stoßes von der Sonne zu entfernen strebt, ist die Tangentialkraft. Aus der regelmäßigen jährlichen Stellung der Gestirne über dem Horizonte folgt, daß sich beide Kräfte das Gleichgewicht halten, und es wird mithin aus ihrem Zusammenwirken die Erde eine Bewegung um die Sonne in einer in sich selbst zurücklaufenden Kurve erhalten, und zwar von Westen nach Osten, gleichwie die durch den Stoß entstandene Rotation eine Westostbewegung ist.

§ 17. Wie gegen die Rotation der Erde, so sind auch gegen deren Bewegung um die Sonne Einwürfe erhoben worden; wir werden uns daher mit den wichtigsten derselben näher bekannt zu machen haben. Einen dieser Einwürfe hat man entlehnt von der Geschwindigkeit, welche der Erde auf ihrer jährlichen Bahn zukommen müßte, und die diejenige der Rotation um Vieles übertrifft. Wird nämlich die Bahn, welche die Erde jährlich um die Sonne durchläuft, zu 130 Mill. Meilen angenommen, so bewegt sie sich darin täglich über 356,164 Meilen, stündlich über 14,840, in einer Minute 247, und in einer Sekunde über 4 Meilen weit, Geschwindigkeiten, welche bei weitem größer sind als alle, die sonst auf der Erde vorkommen, und eben deßhalb Anlaß zu Zweifeln gegeben haben. Allein es ist erstlich ein Vorurtheil, wenn man sich die Himmelskörper mit ungeheurer Hast und Schnelligkeit durch einander sausend denkt. Wenn wir freilich den Gang eines Weltkörpers mit dem Gang eines Menschen auf Erden messen, so ist jene Schnelligkeit ungeheuer; aber messen wir die Bewegungen der Himmelskörper unter einander und mit ihrer eigenen Größe, so verliert die Vorstellung von ihrer Geschwindigkeit gar Vieles von ihrem Wunderbaren. Wer wollte das Kriechen einer Schnecke zum Maßstab für die Schnelligkeit eines Vollblutpferdes machen! Sodann gibt es zweitens Planeten, welche auf ihrer Bahn um die Sonne die Erde an Geschwindigkeit übertreffen. So durcheilt der Merkur in einer Entfernung von etwa 8 Mill. Meilen von der Sonne in einem Tage auf seiner jährlichen Bahn, die er in etwa 88 Tagen zurücklegt, 571,090 Meilen, in einer Stunde (den Tag zu 24 Stunden 5½ Minuten gerechnet) 23,716 Meilen, in einer Minute 395 Meilen und in einer Sekunde

6,6 Meilen. Den Abstand der Venus von der Sonne zu 15 Mill. Meilen gerechnet, ihr Jahr zu 224½ Tagen und den Tag zu 23¼ Stunden, gibt für ihren Umlauf im Tag 419,732 Meilen, in einer Stunde 18,014, in einer Minute 300, in einer Sekunde 5 Meilen. So gibt es also größere planetarische Geschwindigkeiten, als diejenige unserer Erde ist, und man wird wol auch die unserer Erde unangefochten lassen müssen. Was überhaupt die jährliche Bewegung der Erde betrifft, so kann man sich auch noch auf andere Analogien berufen. So sehen wir, daß der kleinere Mond um die 50 Mal größere Erde rollt, daß sowol die Trabanten des Jupiter, als die des Saturn und Uranus von ihren, ihnen an Masse überlegenen Hauptplaneten gebändigt werden. Die Masse der Sonne übertrifft die Massen sämmtlicher Planeten und ihrer Trabanten 775 Mal; warum sollten wir eines der einfachsten und schönsten Gesetze der Natur umkehren und die kleine Erde an die Stelle dieses Hauptgestirnes setzen, welches die Quelle des Lichtes und der Bewegung für alle ist! Aber, wendet man zweitens ein, wenn die Erde auf einer Bahn von 41 Mill. Meilen Durchmesser sich um die Sonne bewegt, täglich über 350,000, wöchentlich mehr als 2½ Mill. Meilen zurücklegt, so sollte man erwarten, daß sich der Ort des nördlichen und südlichen Weltpols ändere, während doch davon nicht das Geringste bemerkt wird. Allein wenn die Entfernung der Fixsterne, mithin auch der Orte der Weltpole, Billionen von Meilen beträgt, so verschwindet gegen solche Entfernungen selbst der Durchmesser der Erde zu einer unmeßbar kleinen Größe. Zudem bleiben die Achse und die Aequatorebene der Erde sich während ihrer jährlichen Bewegung vollkommen parallel. Wie sollte unter solchen Umständen eine Aenderung der Orte der Weltpole bemerkbar sein? Es wird uns dies anschaulich schon durch Entfernungen, die nicht so ungeheuer groß sind. Stellen wir uns die Himmelskugel als einen hohlen Globus vor, dessen Durchmesser 400 Fuß oder 57,600 Linien betrage, und in dessen Mittelpunkt wir uns die Sonne denken. Hält in diesem Globus der Durchmesser der Erdbahn 1 Linie und bleibt die Achse der Erde in allen Stellungen auf der Bahn sich parallel, so werden alle Parallellinien, welche von der Erdachse auf ihrer Bahn nach und nach eingenommen werden, für ein unbewaffnetes Auge in die Pole des Globus zusammenlaufen, und die Stellung der Erdachse zu den Polen würde auch in diesem blos annähernden Beispiele eine nur durch ein Fernrohr sichtbare Aenderung zeigen.

Ein dritter, dem zweiten ähnlicher, aber doch der bedenklichste Einwurf von allen, den sich auch Kopernikus selbst machte, war der, daß, ungeachtet die Erde wechselsweise sich an verschiedenen Punkten ihrer 41 Mill. Meilen im Durchmesser haltenden Bahn befindet, bei den Fixsternen keine periodische Ortsveränderung wahrgenommen wurde. Wenn die Erde im Verlauf von 6 Monaten ihren Ort um mehr als 41 Mill. Meilen verändert, so müßte

ein Fixstern, wäre derselbe auch 1000 Mal weiter als die Sonne von uns entfernt, seinen scheinbaren Ort dennoch um 7 Bogenminuten geändert haben; gleichwol wurde weder eine solche, noch eine viel schwächere Parallaxe (§ 7) wahrgenommen, und dies wurde ein Hauptgrund, an der Richtigkeit des kopernikanischen Systems zu zweifeln. Denn ist dies richtig, so muß, wenn die Fixsterne keine Parallaxe zeigen, der Durchmesser der Erdbahn gegen ihre Entfernung als etwas unmerklich Verschwindendes, oder nach Aristarch's Vorstellung, es muß die Erdbahn selbst nur wie ein Punkt gegen die Entfernung der Fixsterne angesehen werden. Es schien dies Vielen unglaublich, man war eher bereit, die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne aufzugeben, als solche ungeheure Entfernungen der Fixsterne von uns anzunehmen; „das hieß dem Stolze des Erdbewohners, der sich und seinen Planeten für den Hauptzweck, ja für das Wichtigste der ganzen Schöpfung anzusehen sich gewöhnt hatte, eine noch viel tiefere Wunde schlagen, als die Erhebung der übrigen Planeten zu gleichem Range und Bedeutung mit der Erde ihm bereits geschlagen hatte.“ Es hat aber zu allen Zeiten Männer gegeben, die in sich die feste Ueberzeugung nähren, daß es in der Natur vernünftig zugeht und sie sich zur Erreichung ihrer Zwecke einfacher Mittel bedient. Die Bemühungen der Astronomen waren daher unablässig auf die Entdeckung einer solchen Parallaxe gerichtet, um dadurch einen „selbst vom Gesetz der Schwere unabhängigen Beweis für die Bewegung der Erde aufzustellen.“ Alle Mittel wurden angewendet, um diesen Zweck zu erreichen, „die Instrumente und Beobachtungsmethoden wurden verfeinert, alle Kunstgriffe der Berechnung in Anwendung gebracht, und noch immer wollte sich keine Fixsternparallaxe zeigen, so daß man die Sterne nun um schon mehr als hunderttausendmal entfernter als die Sonne annehmen mußte, und zwar, wie nicht geläugnet werden konnte, einzig dem kopernikanischen System zu Liebe, während doch der Wunsch nahe lag, entweder diese Parallaxe wirklich zu finden, oder auf anderem Wege einen entschiedenen Beweis für diese ungeheuren Distanzen zu erhalten.“ Unter den Männern, welche eine jährliche Parallaxe der Fixsterne suchten, verdient besonders der Engländer Bradley hervorgehoben zu werden, der seine aufmerksamen und genauen Beobachtungen darüber im Jahr 1725 begann. Auch ihm zwar gelang es nicht, eine Parallaxe zu finden, dafür entdeckte er eine andere, allen Fixsternen gemeinsame Ortsveränderung, die sein Scharfsinn aus der gemeinsamen Bewegung der Erde und des Lichtes erklärte. Wurden daher seine Bemühungen auch nicht belohnt mit dem, was er suchte, so lieferte dagegen seine Entdeckung — die Aberration des Lichtes — einen unumstößlichen direkten Beweis für die jährliche Bewegung der Erde.

Bradley besaß ein unentwegliches, ungefähr auf das Zenith gerichtetes Fernrohr, mit dessen Hülfe er auch die geringste Aenderung eines Sternes

wahrnehmen konnte. In diesem Fernrohr erschien nun täglich ein gewisser Stern, den Bradley bei günstiger Witterung einige Jahre lang beobachtete, und zwar folgte allemal jede Beobachtung genau 24 Stunden Sternzeit nach der vorhergegangenen, so daß also trotz der Rotation der Erde sein Instrument immer einerlei Stellung hatte. Bradley bemerkte nun, daß der Stern nicht jedesmal an demselben Punkte im Fernrohr erschien, und fand bei fortgesetzter Beobachtung, daß derselbe sich während sechs Monaten vom Zenith entferne und in den anderen sechs Monaten sich ihm wieder nähere, so daß die Orte, in denen der Stern im Fernrohr erschien, in einem Kreise von 40 Bogensekunden im Durchmesser lagen und der Stern selber nicht an dem Orte erschien, wo er wirklich war. Weil nun die ganze Bewegung des Sterns sich nach unseren Jahreszeiten in der Art richtete, daß in jedem Jahr der Stern an demselben Tage eine und dieselbe Stelle wieder einnahm, ihre Periode genau ein Erdenjahr betrug, und weil solche Beobachtungen auch an anderen Fixsternen ein und dasselbe Resultat gewährten; so schloß Bradley, daß der Kreislauf des Sternes ein scheinbarer sei und durch eine jährliche Bewegung der Erde erklärt werden müsse. Wenn nämlich der Erdbahndurchmesser gegen die Entfernung der Fixsterne noch eine meßbare Größe ist, so werden, wenn der Erde eine jährliche Bewegung zukommt, die Lichtstrahlen eines senkrecht über der Kreisebene befindlichen Sternes s nicht in die Mitte m des Gesichtsfeldes eines Fernrohres, (Fig. 12 a, nach Hartmann) treffen, das in den entsprechenden Jahreszeiten, Frühling und Herbst, Sommer und Winter, eine parallele Stellung hat, sondern über m nach o hinaus. Dasselbe müßte der Fall sein, wenn die Erde ruht und die Fixsterne eine jährliche Kreisbewegung haben. Allein Bradley und alle anderen Beobachter fanden die Sache anders; der Lichtstrahl fiel nicht über m hinaus nach o, sondern traf hinter m nach a. Daraus geht nun vor Allem hervor, daß selbst die jährliche Parallaxe der Fixsterne noch viel zu klein war, um durch Bradley's Instrument gemessen zu werden, denn sonst hätte der Strahl nach o hin treffen müssen. Aber warum traf der Strahl hinter m auf a? Weil das Licht, um seinen Weg vom Fixstern an unser Aug zu durchlaufen, eine gewisse Zeit gebraucht. Ruht das Fernrohr, Fig. 12 b, so wird unter allen Umständen der Strahl von s nach m fallen, er trifft aber hinter m auf a, wie wenn er in der Richtung von s' zu uns gelangte. Dies ist auf keine andere Weise zu erklären, als dadurch, daß sich das Fernrohr xx' in der Richtung des Pfeils fortbewegt, und zwar so, daß es in derselben Zeit, welche der Lichtstrahl gebraucht, um das Fernrohr zu durchlaufen, um am vorschreitet; es wird daher nothwendig der Lichtstrahl nicht nach m, sondern nach a gelangen, und die Erde auf ihrer jährlichen Bahn, Fig. 12, a, entläuft daher, wie Hartmann sich ausdrückt, dem Lichtstrahl, der zu allen Jahreszeiten hwfs hinter der Mitte des Gesichtsfeldes des Fernrohres auf-

treffen wird. Sehr treffend veranschaulicht Mädler den ganzen Vorgang. „Man denke sich eine Kanonenkugel, welche durch beide Seiten eines Schiffes durchgeschossen wird, so wird die Linie, welche beide Löcher verbindet, die Richtung des Schusses genau angeben, wenn das Schiff inzwischen still stand. War dies aber nicht der Fall, so wird jene Linie sich zusammensetzen aus den beiden Bewegungen des Schiffes und der Kugel, und folglich die letztere allein nicht mehr mit Sicherheit daraus gefunden werden können, es sei denn, daß man das Geschwindigkeits-Verhältniß beider Bewegungen kenne und in Rechnung ziehe: oder, wenn man die wahre Richtung bereits kennt, so wird man aus dieser Abweichung jenes Geschwindigkeits-Verhältniß berechnen können. — Man setze nun statt der Kanonenkugel das Licht, und statt der Schiffswände Objektiv und Okular des Fernrohrs, mit dem der Astronom beobachtet, und welches die jährliche Bewegung der Erde mitmacht, so hat man die von Bradley entdeckte Aberration. Sie war gerade so groß, als sie sein mußte, wenn man die Geschwindigkeit des Lichtes mit der, welche nach Kopernikus' System für die Erde folgte, zusammenstellte, und folglich ein direkter Beweis für letzteres." Die Elemente dieses Beweises sind die Bewegung des Lichtes und der Erde, und bis auf Bradley besaß die Wissenschaft keinen stärkeren Beweis für die jährliche Bewegung der Erde, als diesen. Und weil wir einen Gegenstand immer nur in der Richtung sehen, in welcher der Lichtstrahl von ihm unser Aug trifft, so enthält die Aberration zugleich die Erklärung, warum wir alle Gestirne etwas weiter auf diejenige Seite hin verrückt sehen, nach welcher die Erde in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne geht.

Bradley suchte eine Fixsternparallaxe, um die Richtigkeit des Systems von Kopernikus dadurch zu stützen; er fand, wie wir gesehen, einen anderen Beweis dafür. Was aber Bradley nicht gelang, das hat die neueste Zeit erreicht; von 4 Fixsternen ist die jährliche Parallaxe bereits gewiß und die jährliche Bewegung der Erde somit über allen Zweifel erhoben.

Einen anderen Beweis für die jährliche Erdbewegung bieten uns die Beobachtungen über die Verfinsterungen der Jupitertrabanten dar. Ich könnte diesen Beweis hier übergehen, da bereits bewiesen ist, was bewiesen werden sollte; allein da diese Beobachtungen zu einer wichtigen Entdeckung geführt haben, welche ein Element des Beweises aus der Aberration ist, so mag er auch hier, als eine weitere Unterstützung der Erdbewegung, seine Stelle finden.

Es sei Figur 13, der Kreis ABCD die Erdbahn, in deren Mittelpunkt S sich die Sonne befindet; I sei der Jupiter und t sein nächster Trabant, sowie er in den Schatten seines Hauptplaneten tritt. Da die Monde ihr Licht ebenfalls von der Sonne erhalten, so werden sie verfinstert, sowie sie in den Schatten ihres Hauptplaneten treten. Der Eintritt des nächsten

Jupiterstrabanten in den Schatten Jupiters erfolgt jedesmal nach etwa 42½ Stunden (42^h $27{,}5^m$), und die Dauer seiner Verfinsterung beträgt im Mittel 2 Stunden und 8 Minuten. Gesetzt nun, die Erde stehe still, so werden wir allemal nach etwa 42½ Stunden seine Verfinsterung wahrnehmen. Dies ist aber in Wirklichkeit nicht immer der Fall, vielmehr verfinstert sich der Trabant bald früher, bald später; diese Unregelmäßigkeit fällt aber nicht einer unregelmäßigen Bewegung des Trabanten, dessen Umlauf um den Jupiter genau bekannt ist, zur Last, sondern wird verursacht durch die jährliche Bewegung der Erde. Denn befindet sich die Erde in D, oder in Opposition mit Jupiter, und fängt man dort an zu zählen, so bemerkt man, daß während die Erde den Bogen DAB durchläuft, die Verfinsterungen des Trabanten immer später eintreffen bis B. In B, wo die Erde in Konjunktion mit Jupiter ist, werden die Verspätungen der Verfinsterungen aufhören, und, indem die Erde den Bogen BCD durchläuft, werden die Verfinsterungen immer früher, also vor 42½ St. eintreffen, weil die Erde in ihrer Bewegung von B nach D sich dem Jupiter täglich nähert. Die Erscheinung würde nun allerdings dieselbe sein, wenn die Erde still stände, der Jupiter dagegen mit dem Systeme seiner Trabanten der Erde zur Zeit der Opposition um den Erdhalbmesser näher wäre, als zur Zeit der Konjunktion. Allein die Bewegung der Erde ist erwiesen, und so kann das Verspäten und Voreilen der Verfinsterungen gegen die Berechnung mit als ein Beweismittel für den Umlauf der Erde um die Sonne gelten.

Der dänische Astronom, Olaus Römer, beobachtete von 1671 — 75 die Verfinsterungen dieser Trabanten und kam dadurch auf die Entdeckung der Geschwindigkeit des Lichtes. Denn da die Verfinsterung, die von B aus beobachtet wird, um 16 Minuten und 36 Sekunden mittlerer Zeit hinter der in D beobachteten zurückbleibt, so ist dies eben die Zeit, welche das Licht gebraucht, um den ganzen Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Dies gibt für den Halbmesser oder die Entfernung der Sonne von der Erde 8 Minuten 18 Sekunden.

Die Einwürfe, welche von den Gegnern der jährlichen Erdbewegung erhoben worden sind, sind also dem Obigen zufolge durch die Bemühungen scharfsinniger Astronomen siegreich widerlegt; ja bei der entgegengesetzten Annahme vom Feststehen der Erde im Himmelsraume könnte man sich die Rückkehr der Jahreszeiten nicht einmal erklären, ohne die absurde Voraussetzung, daß die Sonne irgend eine uns unbekannte Kraft besitze, welche sie zwingt, sich zwischen den Tropen hin und her zu schrauben. Wir könnten uns ferner nach dieser Hypothese die auffallenden Unregelmäßigkeiten nicht erklären, unter denen uns die Bewegung der Planeten, wenn wir ihren Lauf zwischen den übrigen Planeten beobachten, erscheint. Ihre Geschwindigkeit ist nämlich bald sehr bedeutend, bald scheinen sie ganz stille zu stehen, d. h.

sie sind stationär, bald bewegen sie sich sogar ihrem allgemeinen Lauf entgegen, einige Zeit von Osten nach Westen, d. i. sie werden rückläufig oder retrograd. Diese sonderbaren Bewegungen, zu deren Erklärung die Alten das zwar scharfsinnige, aber künstliche und verworrene System der Epizykeln (Kreise, deren Mittelpunkt in der Peripherie eines anderen Kreises herumgeht) erfunden haben, unerklärlich nach der alten Annahme der Unbeweglichkeit der Erde, werden jetzt als optische Täuschungen mit der größten Leichtigkeit erklärt. „Sie sind stets aus zweien zusammengesetzt, der umgekehrten Erdbewegung (gleichsam dem Spiegelbilde derselben) und ihrer eigenen; ähnlich wie die Bewegung eines am Ufer gehenden Menschen, von einem fahrenden Schiffe aus gesehen, sich zusammensetzt aus der umgekehrten des Schiffes (die man auch an allen festen Gegenständen am Ufer bemerkt) und der eigenen des Gehenden.“ Die Erscheinungen des Vor- und Rückwärtsgehens und des Stillstandes der Planeten kehren alle in derselben Ordnung periodisch wieder und hängen von dem Stande dieser Weltkörper gegen die Sonne, oder von dem Winkel ab, welchen die Gesichtslinien von unserem Auge nach der Sonne und nach den Planeten unter sich bilden. Figur 14 (nach Studer) diene zur Veranschaulichung dieser Erscheinungen für einen oberen oder sonnenfernen Planeten. Es sei S die Sonne, der innere Kreis die Erdbahn, die mittlere die Bahn eines oberen Planeten, der äußere der Thierkreis. Wenn die Erde die auf ihrer Bahn mit 1, 2, 3, 4, 5 nnd 6 bezeichneten Bogen in gleicher Zeit durchläuft, als der Planet die in seiner Bahn mit denselben Zahlen bezeichneten, so erscheint der Planet im Thierkreis von 1 bis 3 rückläufig oder retrograd und stationär, hierauf wieder mit sehr schneller Bewegung rechtläufig, bis er später von 3 aus gesehen wieder rückläufig wird u. s. w. Die retrograde Bewegung fällt stets in die Nähe der Opposition, d. h. wenn die Erde zwischen der Sonne und dem Planet steht, und es wird vor und nach derselben ein Stillstand eintreten. Man sieht leicht, daß dies Rück- und Vorwärtsbewegen, sowie die regelmäßige Periodizität desselben ungezwungen nur aus der eigenen jährlichen Bewegung der Erde, verbunden mit derjenigen des Planeten, erklärt werden kann.

§ 18. Kopernikus setzte in seinem Systeme, wie wir oben § 11 gesehen haben, an die Stelle jener unerklärlichen Urkraft des Ptolemäus, welche den ganzen Himmel um die Erde führen sollte, die Rotation der Erde. Er blieb aber dabei nicht stehen, sondern ließ, indem er die Sonne in den Mittelpunkt setzte, die verschiedenen Planeten, unter denen die Erde die dritte Stelle einnahm, um sie als ihren gemeinschaftlichen Zentralkörper, in Kreisen sich drehen. Einer dieser Kreise, die Erdbahn, trat an die Stelle der bisherigen Sonnenbahn. Nur der Mond lief noch, wie im ptolemäischen System, um die Erde. „Dieses System, sagt Mädler, ist die einzig mögliche, ewige

Grundlage aller weiteren Fortschritte in der Astronomie und bei dem gegenwärtigen Zustande derselben ist für den Kenner kein Zweifel mehr denkbar. Alle Einwürfe, welche sowohl Kopernikus sich selbst, als seine Nachfolger dagegen machten, sind vollständig aufgelöst, gehoben und in eben so viele Beweise des Systems verwandelt — das ächte Kennzeichen der Wahrheit." Dieses System erklärt nicht nur dasjenige, was zur Zeit seines Urhebers als Aufgabe vorlag, einfach und vollständig, sondern es lassen sich auch alle später gemachten Wahrnehmungen und Entdeckungen, von denen man damals noch nichts ahnte noch ahnen konnte, eben so ungezwungen und folgerecht aus ihm darstellen. Unter den ebenbürtigen Gegnern des kopernikanischen Systems (denn dasselbe zählte auch Theologen darunter) ist vornämlich der durch seine astronomische Beobachtungskunst ausgezeichnete Tycho Brahe († 1601) zu erwähnen. Auch er läßt zwar in seinem Systeme die Planeten, mit Ausnahme der Erde, um die Sonne laufen, aber diese, begleitet von sämmtlichen Planeten, um die Erde, und zwar in Schraubengängen, um ihre verschiedene Höhe im Sommer und Winter zu erklären. Ob es Tycho damit wirklich Ernst war, ist ungewiß, aber sicher ist sein System „das verwickeltste und sonderbarste von allen, und noch weit weniger, als das ptolomäische, zur Darstellung der wirklich wahrgenommenen Bewegungen geeignet." Durch Kepler (geb. 1571 zu Magstatt in Württemberg) wurde das System des Kopernikus berichtigt, indem er aus seinen Beobachtungen des Planeten Mars die wahren Bahnen aller Planeten ableitete und Gesetze für die Planeten entdeckte, welche „die ewigen Grundpfeiler" der Astronomie sind. Wenn Kepler seine Entdeckungen nur auf die Planeten bezog, so faßte sie Newton (geb. 1642), der Keplern selbst seinen Lehrer nannte, unter Ein höheres Gesetz zusammen, das Gesetz der Schwere, und zeigte seine Allgemeinheit. In den Vorbegriffen § 3, ist dieses von Newton ausgesprochene Gesetz näher betrachtet worden, und sein Entdecker machte von ihm sofort Anwendung auf die Planeten-, Kometen- und Mondenbahnen, ja die Anwendung dieses Gesetzes verhalf Newton zu „allen Entdeckungen der theoretischen Astronomie auf einmal, und seinen Nachfolgern blieb nur übrig, das in allen wesentlichen Theilen festgegründete Gebäude im Einzelnen weiter auszuführen. Ein wirklich neues System, welches das Newtonische beseitigte, kann es nicht geben, und die Astronomie ist, was ihre theoretische Grundlage betrifft, wirklich an's Ziel gelangt."

IV.

Gestalt und Lage der Erdbahn.

§ 19. Im vorhergehenden Abschnitte ist der Beweis geführt worden, daß der Erde eine jährliche Bewegung, eine Zentralbewegung, zukomme,

d. i., daß die Erde sich auf einer in sich selbst zurücklaufenden Bahn jährlich einmal um die Sonne bewege. Hiebei entgeht nun aber keinem aufmerksamen Beobachter der Sonne der Umstand, daß ihr scheinbarer Durchmesser zu verschiedenen Jahreszeiten ungleich groß ist; am 1. Januar beträgt derselbe 32'33'',7, am 2. Juli 31'29'',2, der Unterschied somit 1'4'',2, und diese Größen sind alle Jahre an denselben Tagen genau dieselben. Diese auffallende Regelmäßigkeit in der Ab- und Zunahme des scheinbaren Sonnendurchmessers läßt sich nicht aus einer wechselnden Veränderung ihres Volumens herleiten, weil gar kein vernünftiger Grund vorhanden ist, eine solche genau und periodisch wirkende, ausdehnende und zusammenziehende Kraft in die Sonne zu verlegen, vielmehr muß die Ursache davon in einem in den gegebenen Jahreszeiten ungleichen Abstand der Erde von der Sonne gesucht werden, gerade wie uns auch irdische Gegenstände, je nach unserer Entfernung von ihnen, größer oder kleiner erscheinen. Kopernikus nahm daher für die Bahn der Erde einen exzentrischen Kreis mit gleichförmiger Geschwindigkeit der Bewegungen an. Allein ist nach dieser Annahme die Bahn der Erde kreisförmig und steht die Sonne nicht im Mittelpunkt derselben, ist mithin die Erde nicht in jedem Punkte ihrer Bahn gleich weit von der Sonne entfernt, so wird eine wechselsweise Vermehrung und Verminderung der Zugkraft Statt finden, und dies wird sowol auf die Form der Bahn, als auch auf die Geschwindigkeit der Bewegung Einfluß haben, und letztere bald beschleunigt, bald vermindert werden müssen. Es hat sich auch wirklich mit zunehmender Genauigkeit der Beobachtungen die Annahme des Kopernikus als unzulässig gezeigt; die Form der Erdbahn ist kein Kreis, die Bewegung der Erde nicht in allen Punkten ihrer Bahn gleichförmig.

Was zuerst die Form der in sich selbst zurücklaufenden Erdbahn betrifft, so führt uns die unbedeutende Verschiedenheit in der Größe des scheinbaren Sonnendurchmessers zunächst auf die Ellipse, als auf denjenigen Kegelschnitt, der dem Kreis am nächsten steht, Fig. 2. Man zeichnet eine Ellipse am besten so, daß man an zwei feste Stifte die beiden Enden desselben Fadens knüpft, der länger sein muß als der Abstand beider Stifte von einander; mit einem Bleistifte wird dieser Faden ausgespannt, dasselbe innerhalb des Fadens herumgeführt und eine Kurve beschrieben, welche die Ellipse gibt. Je weiter die beiden Stifte aus einander stehen, desto mehr entfernt sich die Form der Ellipse von der des Kreises. Die Stellen der beiden Stifte heißen die Brennpunkte der Ellipse, Fig. 15 S und S'; die gerade Linie AP, welche von einem Punkte der Ellipse zum entgegengesetzten durch beide Brennpunkte geht, heißt die große Achse der Ellipse, oder die Apsidenlinie, weil ihre beiden Endpunkte, A und P, Apsiden heißen. Die Linie BD, welche die große Achse im Mittelpunkte C rechtwinklicht schneidet, ist die kleine Achse, deren Unterschied von der großen mit dem Abstand der beiden

Brennpunkte größer oder kleiner wird. Der Abstand SB (oder S'D) ist gleich der halben großen Achse, und der Abstand eines Brennpunktes vom Zentrum heißt die Exzentrizität der Ellipse; es ist in unserer Figur die Linie SC, statt welcher man auch den Winkel SBC (Exzentrizitätswinkel) setzen kann.

Stände die Sonne im Mittelpunkt C der elliptischen Erdbahn, so bekämen wir zweimal im Jahr ihren größten und kleinsten scheinbaren Durchmesser zu sehen. Statt dessen aber sehen wir beide jährlich nur einmal und zwar jedesmal nach Verlauf von 6 Monaten. Daraus folgt, daß die Sonne sich in dem einen der beiden Brennpunkte SS' befindet, und daß der Abstand der Erde von der Sonne in den beiden Apsiden am kleinsten und größten ist. Befindet sich die Erde in P, also der Sonne am nächsten, so ist die Erde im Perihelium (Sonnennähe), in A dagegen im Aphelium (Sonnenferne). Von diesem bis zum Perihelium legt die Erde genau 180° zurück und beide Punkte liegen in gerader Linie mit dem Mittelpunkt der Sonne. Am 31. Dezember, oder fast genau mit Anfang des ersten Jenner steht die Erde im Perihelium und am 3. Juli im Aphelium; nimmt man die mittlere Entfernung als Einheit an, so ist die Exzentrizität der Erdbahn = 0,01677, eine Größe, die uns zeigt, wie wenig die Form der Erdbahn von einem Kreise abweicht, und zugleich, daß, nach Littrow, der augenblickliche Stoß, der mit der Gravitation die Bewegung der Erde um die Sonne erzeugte, nahe senkrecht auf der ursprünglichen Entfernung der Erde von der Sonne gewesen und zu einer Zeit erfolgt sein muß, wo die Erde in einer ihrer Asʼpiden war, weil nur in diesen beiden Punkten die Bahn der Erde auf ihrer Entfernung von der Sonne senkrecht steht. Das Verhältniß der größten, mittleren und kleinsten Entfernung der Erde kann durch folgende Zahlenwerthe ausgedrückt werden: 1,01677 : 1,00000 : 0,98322. Die Größe der Erdbahn in runder Zahl ist 131 Mill. Meilen, und die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne 20 Mill. 690,000 Meilen.

Die Zentralbewegung der Erde ist keine gleichförmige, die Erde durchläuft in gleichen Zeiten nicht gleiche Bogen. Wir haben in den Vorbegriffen (§ 4, b) die Natur der Bewegung eines Körpers kennen gelernt, dessen Bahn, wie die unserer Erde, eine Ellipse ist. Die beiden Bewegungen der Erde, die durch die Gravitation erzeugte und die Tangentialbewegung, stehen mit einander nicht im Gleichgewicht, denn sonst wäre die Bahn der Erde ein Kreis; vielmehr steht die Gravitation zur Richtung und Stärke der ursprünglichen Bewegung in einem Verhältniß, welches eine elliptische Bahn zur Folge hat. Befindet sich nun die Erde im Aphelium (A Fig. 5), so ist oben gezeigt worden, daß das mangelnde Gleichgewicht beider Bewegungen theils eine Zunahme der Anziehung, theils eine größere Geschwindigkeit zur Folge hat, mit welcher die Erde auf ihrer Bahn weiter strebt Im Peri-

helium (I) hat die Tangentialbewegung ein merkliches Uebergewicht über die Attraktion und muß von dort an dazu beitragen, die Erde wieder von der Sonne zu entfernen; in gleichem Maße als dies geschieht, verlangsamert sich die Bewegung, und es erfolgt in umgekehrtem Sinne, was auf dem Wege von A nach I der Fall war. Im Perihelium haben wir also die größte, im Aphelium die kleinste und in der mittleren Entfernung von beiden Punkten die mittlere Geschwindigkeit, und es beträgt die Zunahme der Länge in 24 Stunden mittlerer Zeit am 31. Dezember oder 1. Jenner 1°,1',10'',1', im Mittel 0°,59'8'',3 und am 3. Juli 0°57'11'',7; lineär gemessen ist sie im Mittel 355884 geogr. Meilen, von denen 15 auf 1 Erdgrad gehen.

Kepler leitete die elliptische Form aller Planetenbahnen aus Beobachtungen des Planeten Mars ab; unzählige Versuche mit anderen künstlichen Kurven waren dem glücklichen Funde vorangegangen. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet, ist das erste der drei Kepler'schen Gesetze (§ 18). Die zwei anderen betreffen die Bewegung der Planeten, das zweite nämlich, das Kepler erst auffand, nachdem er lange Jahre hindurch die verwickeltsten Kombinationen versucht hatte, bestimmt das konstante Verhältniß zwischen dem Quadrate der Umlaufszeiten und dem Kubus der mittleren Entfernungen, welches dem Astronomen gestattet, das eine aus dem anderen zu finden. Der Nachweis dieses Gesetzes führt auf große mathematische Schwierigkeiten, wogegen Mädler auf leicht verständliche Weise zeigt, wie das dritte Gesetz, welches die Zunahme der Geschwindigkeit bei'm Näherrücken an den Zentralkörper (die Sonne) bestimmt, gefunden werden kann. „Man denke sich, Figur 16, den umlaufenden Körper in A, in S den Zentralpunkt der Schwerkraft, und AB sei der Weg, den der Körper ohne Einwirkung der Schwerkraft zurückgelegt hätte, während diese ihn nach n führt. Er beschreibt also die Diagonale AB' des Parallelogramms ABB'n (wir nehmen AB gegen AS so klein an, daß die Krümmung der Linie AB' sowol, als die Veränderung der Richtung der Gravitation von unmerklichem Einflusse ist), so ist nach geometrischen Gründen das Dreieck ABS = AB'S. Jenes ist der Flächenraum, welchen der Radius Vektor ohne Einwirkung der Schwerkraft beschrieben haben würde, dieses der, den er wirklich beschreibt. — Mit der in B' erlangten Geschwindigkeit strebt der Körper weiter, es wird also B'C = AB' und Δ AB'S = Δ B'CS. Die Schwerkraft führt ihn, statt nach C, nach C' und es ist wiederum B'C' die Diagonale eines Parallelogramms B'CC'm, so daß auch hier Δ B'CS = Δ B'C'S ist. So fortgehend wird man immer auf Dreiecke kommen, die wegen Gleichheit ihrer Grundlinien und Höhen gleich sind, und da nun

ABS = AB'S
AB'S = B'CS
B'CS = B'C'S u. s. w.,

und diese Dreiecke gleichen Zeiträumen angehören, so verhalten sich die vom Radius Vektor eines umlaufenden Körpers zurückgelegten Flächenräume wie die Zeiten, in denen sie zurückgelegt werden. Die Größe dieser Flächenräume hängt vom Radius Vektor und dem durchlaufenen Bogen ab: wird demnach ersterer kleiner, so muß letzterer (für gleiche Zeiträume) größer werden."

Diese drei Gesetze, welche Kepler nach unglaublich weitläufigen Berechnungen auf empirischem Wege aufgefunden hatte, wurden später von Newton aus dem Gesetz der Schwere analytisch entwickelt; sie gelten nicht nur für die Bahnen sämmtlicher Planeten, sondern aller Himmelskörper.

§ 20. Wir kennen nunmehr die Gesetze der Bewegung unserer Erde und die Gestalt ihrer Bahn; es ist aber auch die Lage der letzteren zu berücksichtigen, da von ihr Mehreres abhängt, das unsere Aufmerksamkeit hier zunächst in Anspruch nimmt. Die Ebene, in welcher die Erde ihren jährlichen Kreislauf beschreibt, heißt die Ekliptik. Steht die Erdachse senkrecht auf der Erdbahn, so liegt der Erdäquator in der Ebene der Erdbahn, der Aequator also und die Ekliptik in einer Ebene. Bei dieser Stellung der Erdachse steht die Sonne immer im Aequator, eine Abwechselung der Jahreszeiten kann nicht Statt finden, und eben so wenig kann die Länge der Tage und Nächte auf der Erdoberfläche verschieden sein, denn die Sonne wird jeden Ort das ganze Jahr hindurch gleich stark und gleich lang bescheinen. Daraus folgt, daß jeder Ort sein beständiges Klima haben muß, welches das ganze Jahr hindurch dasselbe bleibt, und mit geringen, durch die Lokalität bedingten Aenderungen, einzig durch den Winkel bestimmt wird, unter welchem die Sonnenstrahlen ihn beleuchten. Die jedesmalige Erleuchtungsgrenze würde nämlich in dem angenommenen Falle stets durch die Pole gehen und alle Parallelkreise genau halbiren, so daß bei der gleichförmigen Achsendrehung jeder derselben Jahr aus Jahr ein gleich lang im Licht und gleich lang im Schatten laufen würde, also nur Tage und Nächte von 12 Stunden hätte, wie Fig. 17 zeigt. Allein die Erdachse kann diese Lage nicht haben, weil keine daraus für die Erde hervorgehenden Folgen wirklich Statt finden, sie hat diese Lage auch niemals gehabt und wird sie niemals haben. Steht demnach die Erdachse nicht senkrecht auf der Bahn, so wird sie gegen dieselbe geneigt sein, wie Fig. 18 zeigt, wo Ee die Erleuchtungsgrenze, Pp die Polarachse und AB der Aequator ist, und aus dieser Lage erklären sich die ungleiche Länge der Tage und Nächte und der Wechsel der Jahreszeiten auf einfache Weise. Die erleuchtete Seite bildet auch bei dieser Lage genau die Hälfte der Kugel, aber die Erleuchtungsgrenze geht nicht, wie in Fig. 17, durch beide Pole, sondern tritt um den Bogen PE hinter den Nordpol und um den Bogen pe vor den Südpol, und halbirt die Parallelkreise nicht mehr. Man sieht leicht, daß vom Aequator gegen den Nordpol der größere Theil

eines jeden Parallelkreises in der erleuchteten Hälfte liegt, so daß jeder Ort der nördlichen Erdhälfte länger Tag als Nacht hat, die Tage mit der Annäherung an die Pole zunehmen und die zwischen E und P innerhalb des nördlichen Polarkreises liegenden Orte nur Tag haben. Die längeren Tage der nördlichen Erdhälfte fallen in den Sommer, denn die Sonnenstrahlen treffen nördlich vom Aequator senkrecht bei m auf, die Nordhälfte der Erde wird mithin stärker und länger von ihnen beschienen, als die Südhälfte, jene hat Sommer, diese Winter und zugleich kürzere Tage und längere Nächte, weil die Parallelkreise derselben durch die Erleuchtungsgrenze in zwei ungleiche Theile getheilt werden, von denen der größere in der Schattenseite liegt; jenseits e nach p zu, innerhalb des südlichen Polarkreises, ist nur Nacht. Die nördliche Erdhälfte hat Winter und kürzere Tage, die südliche Sommer und längere Tage, wenn die beiden Halbkugeln ihre Rollen wechseln, d. i. wenn die Sonnenstrahlen südwärts vom Aequator senkrecht bei m′ auffallen und die in der Figur schattirte Seite im Licht, die erleuchtete sich im Schatten befindet. Zwischen E und P wird alsdann nur Nacht sein. Es ist klar, daß in m und m′ die Sonne im Zenith steht, und daß ihr Zenithabstand bei der Kulmination für jeden Erdenort der Entfernung desselben von m oder m′, in Bogen des Erdmeridians ausgedrückt, gleich sein muß. Daher hat jede Halbkugel in ihrem Sommer beträchtlich kleinere Zenithabstände der Sonne, als in ihrem Winter. Die Tage werden auf der ganzen Erde gleich lang und die Jahreszeit Frühling oder Herbst sein, wenn die Sonnenstrahlen, wie in Figur 17, senkrecht auf den Aequator auffallen, und die Beleuchtungsgrenze, die durch beide Pole geht, alle Parallelkreise halbirt. Wir wissen aber, daß der höhere Sonnenstand, der Sommer und die längeren Tage ganz allmälig und ohne Sprung in das Gegentheil übergehen. Zur Veranschaulichung dessen diene Fig. 19. Zu bemerken ist nur, daß durch ein Planetarium, oder am Ende auch nur mit Hülfe einer Kugel und eines Lichtes die Sache viel deutlicher gemacht werden kann, als durch bloß zeichnende Darstellung. In S hat die Erde auf ihrer Bahn die Stellung zur Sonne, wie in Fig. 18, die Sonnenstrahlen fallen nördlich vom Aequator senkrecht bei m auf, die Erleuchtungsgrenze trifft hinter den Nord- und vor den Südpol, die nördliche Halbkugel hat also ihren Sommer, den höchsten Sonnenstand und länger Tag als Nacht. Bewegt sich nun die Erde auf ihrer Bahn in der Richtung des Pfeils, und zwar mit unveränderter, sich selbst paralleler Stellung der Erdachse, nach h, so näheren sich die senkrecht auftreffenden Sonnenstrahlen allmälig dem Aequator, die Sonne scheint sich dem Aequator zuzuwenden. Man nennt deshalb den Punkt m in der Stellung S die Sommersonnenwende (Sommersolstitium); er liegt im nördlichen Wendekreis des Krebses. Von S bis h nehmen die Tage auf der nördlichen Halbkugel und der Sonnenstand allmälig

ab, bis die Sonnenstrahlen in der Stellung h den Aequator in m erreicht haben, Tage und Nächte sind jetzt auf der ganzen Erde gleich lang, weil die Erleuchtungsgrenze durch beide Pole geht und alle Parallelkreise genau halbirt, die nördliche Erdhälfte hat ihren Herbst, die südliche ihren Frühling und die Sonne ihren mittleren Höhenstand. Der Punkt m in der Stellung h heißt das Herbstäquinoktium (Herbstnachtgleiche). Nach Verfluß von 3 Monaten, oder nachdem die Erde wieder 90°, wie von S nach h, zurückgelegt hat, ist sie in w angelangt. Da die Lage der Erdachse unverändert dieselbe geblieben, so mußten die Sonnenstrahlen nach und nach immer mehr südlich vom Aequator senkrecht auffallen, bis sie in w ihre größte südliche Abweichung vom Aequator bei m erreichten, die Erleuchtungsgrenze geht jetzt hinter den Süd- und vor den Nordpol, die südliche Erdhälfte hat ihren höchsten Sonnenstand, ihren Sommer und länger Tag als Nacht, die nördliche dagegen von allem dem das Gegentheil. In der Stellung w haben wir die Wintersonnenwende (Wintersolstitium), weil von jetzt an die Sonne sich wieder dem Aequator zuzuwenden scheint; der Punkt des Wintersolstitiums liegt im südlichen Wendekreis des Steinbocks. Mit unveränderter Achsenstellung nämlich bewegt sich die Erde auf ihrer Bahn weiter nach f, die senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen nähern sich allmälig wieder dem Aequator, bis sie denselben in der Lage f in m treffen; es tritt nun ganz dasselbe ein, was wir in der Lage h gefunden, nur hat jetzt die nördliche Erdhälfte ihren Frühling, während die südliche, die ihrem Winter in der Lage s entgegengeht, Herbst hat. Wir haben jetzt die Frühlingsnachtgleiche (Frühlingsäquinoktium). Bewegt sich die Erde von f nach s, so hat sie ihren jährlichen Kreislauf vollendet, und die Erscheinungen wiederholen sich wie zuvor. — Aus dem Gesagten sieht man leicht, daß uns die Solstitien und Aequinoktien die astronomischen Haupteintheilungen des Jahres in Frühling, Sommer, Herbst und Winter geben. Die Jahreszeiten haben aber eine ungleiche Länge, und diese rührt vom elliptischen Lauf der Erde her. „Träfe, sagt Mädler, — wie es jetzt noch beinahe der Fall ist und im Jahre 1284 ganz genau Statt fand — das Perihelium mit dem Solstitium zusammen, so wären Herbst und Winter gleich lang (jeder 89½ Tage) ebenso Frühling und Sommer (jeder 93⅛ Tage). Fiele das Perihel auf ein Aequinoktium, so hätten Winter und Frühling gleiche Länge; und ebenso Sommer und Herbst. Gegenwärtig ist der Winter der Nordhalbkugel 89 Tage 1 Stunde, der Frühling 92 T. 22 St., der Sommer 93 T. 14 St. und der Herbst 89 T. und 17 Stunden."

§ 21. In Figur 18 ist der Bogen Bm = PE das Maaß für die Neigung der Erdachse, welche Schiefe der Ekliptik genannt wird, indem man ihre Lage gewöhnlich auf die Ebene des Aequators bezieht. Man sieht aus Fig. 18 und 19, daß die Ekliptik die Aequatorebene unter einem Winkel

schneidet, der durch den Bogen Bm gemessen wird, daß sie demnach dadurch in zwei Bogen getheilt wird, von denen der eine, der nördliche, über, der andere, südliche, unter der Aequatorebene hingeht. Denkt man sich die Ebene des Papiers als die des Aequators, so ist oberhalb derselben die Nord-, unterhalb die Südhälfte der Ekliptik. Die beiden Durchschnittspunkte sind die Aequinoktialpunkte. Die Schiefe der Ekliptik „ist nicht ganz konstant, sondern schwankt zwischen 21½ und 24½°, aber dies in Perioden von mehreren Jahrtausenden. Gegenwärtig beträgt sie 23° 27′ 30″ und sie ist in Abnahme begriffen, so daß sie jährlich um etwa eine halbe Sekunde kleiner wird. Diese geringen Veränderungen können in Bezug auf Klimate keinen merklichen Einfluß äußeren. Wenn z. B. die Schiefe nach 8 bis 10,000 Jahren bis auf 21½° sich vermindert haben wird, so werden die Sommertage in unseren Gegenden um 25 Minuten kürzer, die Wintertage um so viel länger werden, als gegenwärtig. Die Wärme der Sommer wird durschnittlich um etwa ½ Grad geringer, die Kälte der Winter aber in demselben Maße milder werden; für die Uebergangszeiten, sowie für das Jahr im Durchschnitt, würde sich keine Veränderung herausstellen."

Die Erde wird auf ihrer jährlichen Bahn über eine ganze Sternenzone hingehen, die man, um sich darin besser zurecht finden zu können, nach den beisammen stehenden Sternen in eine Anzahl Distrikte eingetheilt hat. Diese Distrikte heißen Sternbilder, und die breite Sternzone selbst, weil die Sternbilder ihre Namen meistens von Thieren erhalten haben, heißt der Thierkreis (Zodiakus). Innerhalb des Thierkreises geschieht der Lauf der Erde, wie der aller übrigen Planeten, und deshalb hat man auch die Ekliptik der Länge nach in eben so viele Sternbilder vertheilt, wie den Thierkreis. Schon die ältesten Astronomen der Chaldäer und Aegyptier zählten 12 Sternbilder im Thierkreis, stellten sie unter gewissen Zeichen vor und nannten sie die 12 Himmelszeichen. Jedes derselben enthält $\frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$ und führt seinen Namen von dem ihm benachbarten Sternbilde. Sechs derselben liegen in der nördlichen Hälfte der Ekliptik und heißen die nördlichen, sechs andere in der südlichen und heißen die südlichen Himmelszeichen. Es sind folgende, wobei jedesmal der Monatstag angegeben ist, wann die Sonne auf ihrem scheinbaren Laufe von der Erde aus gesehen unter diejenigen Sterne eintritt, von deren Gruppe das Zeichen seinen Namen hat.

Nördliche: Widder, ♈ (21. März); Stier, ♉ (20. April); Zwillinge, ♊ (21. Mai); Krebs, ♋ (21. Juni); Löwe, ♌ (21. Juli); Jungfrau, ♍ (23. August). Südliche: Waage, ♎ (23. Sept.); Skorpion, ♏ (23. Okt.); Schütze, ♐ (22. Nov.); Steinbock, ♑ (21. Dez.); Wassermann, ♒ (20. Jan.); Fische, ♓ (18. Febr.)

Zusatz. Auch die Ekliptik als größter Kreis bildet, wie der Aequator, mit ihren Polen, Meridianen und Parallelkreisen ein besonderes System, durch welches ein Punkt des Himmels eben so gut, wie durch das des Aequators, bestimmt werden kann. Die beiden Pole der Ekliptik stehen von denen des Aequators gegenwärtig um 23° 27′ 32″ ab, sie liegen auf den Polarkreisen des Aequatorsystems. Ein größter Kreis, der durch beide Pole und Aequinoktialpunkte geht, heißt Kolur der Nachtgleichen; ein anderer größter Kreis, den man sich durch beide Sonnenwendepunkte gezogen denkt, heißt Kolur der Sonnenwende. Beide Koluren durchkreuzen sich in den beiden Polen und theilen die Erdkugel in vier gleiche Theile.

§ 22. Die beiden Polarkreise, in welchen die Sonne die größte nördliche und südliche Abweichung vom Aequator (Deklination) erreicht, heißen bekanntlich Wendekreise; sie schließen eine Zone ein, innerhalb welcher die Sonne bei ihrer Kulmination in's Zenith kommen kann und die den Namen heiße Zone erhalten hat. Die beiden Punkte E und e, da wo sie von den beiden Endpolen am weitesten entfernt sind, gehören zu Parallelkreisen, innerhalb welcher die Sonne während längerer oder kürzerer Zeit des Jahres weder auf- noch untergeht. Es sind die Polarkreise, und die von ihnen eingeschlossenen Räume die beiden kalten Zonen. Zwischen den Wende- und Polarkreisen liegen die beiden gemäßigten Zonen, von denen jede eine Breite von 43° 5′ hat und die zusammen 0,520 der Erdoberfläche begreifen. Die Breite der heißen Zone, welche 0,398 begreift, beträgt 46° 55′ und jede halbe Zone hat 23° 27′ 30″ Breite und beide begreifen 0,082 der Erdoberfläche. In der heißen, wie in den beiden gemäßigten Zonen, treffen wir einen beständigen Wechsel von Tag und Nacht an, und die Länge beider entspricht natürlich der Deklination der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten und nimmt vom Aequator gegen die Pole hin zu. In den kalten Zonen dagegen fehlt dieser Wechsel während eines Theils des Jahres, indem wir alsdann dort den beständigen Tag und die beständige Nacht haben, welche beide vom Polarkreis zum Pol bis zur Dauer von 6 Monaten anwachsen. Der beständige Tag fängt an, wenn die Deklination der Sonne der Ergänzung der Polhöhe zu 90° gleich wird, und wächst über die Sonnenwende hinaus, bis die abnehmende Abweichung wieder eben so groß geworden ist; einem Orte unter dem 70° Br. fängt er also an, wenn die Sonne 20° Abweichung hat und dauert, bis die Sonne im Niedersteigen wieder dieselbe Abweichung hat. Umgekehrt ist natürlich für denselben Ort das Verhältniß, wenn die Sonne dieselbe Deklination auf der entgegengesetzten Halbkugel hat. Für einen Ort auf der nördlichen Hemisphäre beginnt der beständige Tag bei nördlicher Deklination am 20. Mai und dauert bis zum 29. Juli; für einen Ort auf der südlichen Halbkugel beginnt derselbe bei südlicher Abweichung am 21. Nov. und dauert bis zum 20. Januar. Unter

den Polen selbst, wo die Polhöhe 90° ist, fängt der beständige Tag mit der Nachtgleiche selbst an, weil alsdann die Abweichung der Sonne = 0 ist, und endigt mit der folgenden Nachtgleiche; er dauert also 6 Monate und eben so lang die Nacht. Die angeführten Bestimmungen gelten für den natürlichen Tag übrigens nur in sofern, als dabei diejenigen Ursachen unberücksichtigt bleiben, welche nothwendig eine Verlängerung desselben bewirken. Darunter gehört die Strahlenbrechung, von der später die Rede sein wird.

Die Dauer des natürlichen Tages führte die alten Geographen auf eine Eintheilung der Erdoberfläche, die hier nur kurz berührt werden soll. Sie dachten sich Parallelkreise um die Erde gezogen, deren Abstand von einander bestimmt wird durch die jedesmalige Zunahme des natürlichen Tages um eine halbe Stunde, und gründeten diese Eintheilung auf die Dauer des längsten Tages. Sie nannten die Zonen zwischen diesen Parallelkreisen Klimate, welche von den physischen Klimaten, denen ein ganz anderer Begriff zu Grunde liegt, wol zu unterscheiden sind, und die man deshalb zum Unterschied von den letzteren astronomische Klimate genannt hat. Wir werden nach dieser Eintheilung, da der längste Tag am Aequator 12^h, unter dem Polarkreis 24^h dauert, auf jeder Seite des Aequators $2 \times 12 = 24$, zusammen 48 halbstündige Klimate erhalten, und weil jenseits des Polarkreises der längste Tag sehr schnell bis zu 6 Monaten anwächst, eine Eintheilung nach halbstündigen Klimaten aber ganz unmerklich wäre, so hat man dort die Zunahme des längsten Tages um einen Monat zur Grenze eines Klima's gemacht, und auf diese Weise für jede Halbkugel 6 Polarklimate erhalten, welche mit obigen 48 im Ganzen 60 Klimate geben. Folgende Tabelle gibt die Dauer der längsten Tage und respektive längsten Nächte unter verschiedenen Breiten.

Unter	0°	0′	längster Tag		12	Stunden.
"	16	44	"	"	13	"
"	30	48	"	"	14	"
"	41	24	"	"	15	"
"	49	2	"	"	16	"
"	54	31	"	"	17	"
"	58	27	"	"	18	"
"	61	19	"	"	19	"
"	63	23	"	"	20	"
"	64	50	"	"	21	"
"	65	48	"	"	22	"
"	66	21	"	"	23	"
"	66	32	"	"	24	"
"	67	23	"	"	1	Monat
"	69	51	"	"	2	"

Unter	73°	40′	längster Tag		3	Monat
„	78	11	„	„	4	„
„	84	5	„	„	5	„
„	90		„	„	6	„

Die Neueren legen übrigens auf diese Eintheilung wenig Gewicht, da ihr einziger Werth nur in der Uebersicht der Lichtvertheilung über die Erdoberfläche besteht, wovon die Dauer des Tages abhängt. Aehnlich verhält es sich mit den Zonen, deren Benennungen heiße, kalte, gemäßigte in physischer Beziehung keineswegs überall den Naturverhältnissen der Erde entsprechen, und manche Modifikationen erleiden, die von der Bodengestaltung, der Form und Lage der Küsten, hauptsächlich aber von der Höhe über dem Meere abhängen. Es ist allerdings nicht zu läugnen, daß die Mitteltemperatur im Allgemeinen vom Aequator gegen die Pole zu abnimmt; aber dennoch scheinen die kältesten wie die heißesten Gegenden der Erde nahe an den Grenzen der nördlichen gemäßigten Zone, und vielleicht sogar beide innerhalb derselben zu suchen zu sein, letztere in der Sahara, jene im tiefen Inneren Sibiriens und in den noch wenig bekannten arktischen Landstrichen Nordamerika's. Auch trifft die Abnahme der Temperatur mit wachsender Breite keineswegs alle Jahreszeiten gleichmäßig; die größte Sommerwärme ist auf der Erde im Ganzen wenig verschieden, der hauptsächlichste Unterschied liegt in der Dauer und Strenge des Winters.

V.

Störungen in der jährlichen Bewegung der Erde.

§ 23. Wenn man Fixsternbeobachtungen aus früherer Zeit mit jetzigen vergleicht, so findet man, daß zwar die Breiten der Sterne im Ganzen unverändert geblieben sind, ihre Längen jedoch sämmtlich zugenommen haben. Diese Längenzunahme, welche von einem bestimmten Anfangspunkte aus gezählt wird, beträgt jährlich 50¼ Sekunden, mithin in 100 Jahren fast 1½ Grade. Schon Hipparch hatte dieses Vorrücken der Sterne, das Präzession genannt wurde, beobachtet; es ist allen Sternen gemein und zwar genau in der Richtung der Ebene der Erdbahn. Man kann sich leicht vorstellen, daß diese Präzession nicht von einer Ursache herrühren kann, die das gesammte Heer der Fixsterne, welche in den allerverschiedensten Entfernungen und Richtungen gegen die Erde stehen, veranlassen sollte, allesammt um eine gleiche Größe und genau in der Richtung der Erdbahnebene sich fortzuschieben; viel einfacher und natürlicher ist es, den Anfangspunkt der Zählung sich um dieselbe Größe nach rückwärts schieben zu lassen, wie sich aus folgender Betrachtung ergibt.

Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so müßte, nach § 3 der Vorbegriffe, die Sonne gerade so auf sie wirken, wie wenn die ganze Masse der Erde in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre. Allein die Erde ist ein Sphäroid, dessen kleine Achse (die Rotationsachse) gegen die Ekliptik unter einem schiefen Winkel geneigt ist. Aus der sphäroidischen Gestalt folgt eine Massenanhäufung rings um den Aequator herum, so daß, wenn man aus dem Sphäroid die größtmögliche Kugel herausnähme, eine ringförmige Schale übrig bliebe, deren Dicke an den Polen gleich Null wäre und am Aequator im Maximum etwa 3 Meilen erreichte. Gegen diesen Ring nun, der innerhalb 24 Stunden einen Umlauf macht, äußert die Sonne eine stärkere Anziehung, als gegen diejenigen Theile der Erde, welche näher bei den Polen liegen. Weil aber die Länge dieses Massenringes in der Ebene des Aequators ist und die Sonne aus der Ekliptik darauf wirkt, so wird die Ziehkraft der Sonne stets bestrebt sein, den Aequator in die Ekliptik zu bringen, und dies hat für die Aequinoktialpunkte, deren einer der Anfangspunkt der Zählung ist, sowie für die Schiefe der Ekliptik gewisse periodische Aenderungen zur Folge. In Figur 19 steht die Erde in f und h in den Aequinoktien, in s und w in den Solstizien; f sei das Frühlingsäquinoktium, und die Bewegung der Erde geschehe von Westen nach Osten in der Richtung des Pfeils. Alle Punkte des unter dem Aequator angehäuften Massenringes schneiden bei f in Folge der Rotation die Ekliptik senkrecht unter der Sonne; ebenso in h. Von f bis s geht die Erde mit einer im Ganzen unveränderten Stellung ihrer Achse durch den ersten Quadranten der Länge, und je mehr sie sich s nähert, desto mehr entfernt sich eine von der Sonne gezogene senkrechte Linie sm vom Aequator gegen Norden. Die Sonne zieht nun in der Richtung der Linie se die ringförmige Massenanhäufuug unter dem Aequator gegen die Senkrechte sm; dies gelingt ihr aber nicht, doch wird dadurch der Aequator verändert, die Schiefe der Ekliptik nimmt ab, und zugleich weichen die Nachtgleichepunkte gegen Westen zurück. Im zweiten Quadranten der Länge von s nach h rückt die Erde gegen das Herbstäquinoktium, die Senkrechte nähert sich dem Aequator immer mehr, die Ziehkraft der Sonne wirkt immer weniger störend auf die Richtung der Rotation, die Punkte, in denen Aequator und Ekliptik sich schneiden, werden zwar auch jetzt rückwärts geschoben und früher erreicht, als außerdem geschähe; aber die Schiefe der Ekliptik wird wachsen. Ganz ebenso wird im dritten und vierten Quadranten ein Rückwärtsschieben oder Zurückweichen der Nachtgleichepunkte, aber im dritten eine Abnahme, im vierten eine Zunahme der Schiefe der Ekliptik die Wirkung sein. Aus dem Gesagten geht hervor, daß für die Schiefe der Ekliptik der Winkel wechselsweise um nahe gleichviel verkleinert und vergrößert wird, so daß für den Werth der Neigung nur Schwankungen um eine mittlere Konstante übrig bleiben, während das Zurück-

schieben der Aequinoktialpunkte sich nach jedem halben Umlauf in gleichem Sinne wiederholen muß, und der Aequator immer früher, als im vorhergehenden Jahre, die Ekliptik durchschneidet. Einen ganz gleichen Einfluß, wie die Sonne wegen ihrer Größe, wird der Mond wegen seiner Nähe auf die Erde ausüben; auch er bewirkt ein Rückwärtsgehen der Aequinoktien des Aequators. Die Wirkung von Sonne und Mond zusammen heißt Lunisolarpräzession, und man sieht aus dem Bisherigen leicht, daß sie lediglich die Folge von der Einwirkung der Sonne und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete, unter dem Aequator angehäufte und um ihre Achse rotirende Erde, und daß die scheinbare Längenzunahme der Sterne aus ihr zu erklären ist. Wenn bei der Präzession der Aequator sich rückwärts um die Ekliptik bewegt, ohne daß dabei die Schiefe der Ekliptik im Ganzen geändert wird, so muß auch der Pol des Aequators sich rückwärts um den Pol der Ekliptik bewegen, ohne daß dabei die Distanz dieser zwei Pole im Ganzen geändert wird, und man kann deshalb die Präzession auch so ausdrücken, daß man sagt, der Pol des Aequators bewege sich gegen die Ordnung der Zeichen in der Peripherie eines Kreises, dessen Mittelpunkt der Pol der Ekliptik ist.

Der Ausdruck Präzession, vom scheinbaren Vorrücken der Fixsterne in Beziehung auf ihre Länge hergenommen, bezeichnet also nach dem Obigen die in Frage stehende Erscheinung unrichtig; dieselbe ist vielmehr ein Rückwärtsschieben der Aequinoktialpunkte, welches jetzt jährlich 50″,233 beträgt. Vermöge desselben kommen die Nachtgleichepunkte innerhalb 26000 Jahren nach und nach in alle Punkte der Ekliptik zu stehen, der Aequator durchschneidet allmälig andere Sternbilder, der Pol des Aequators beschreibt ebenfalls innerhalb 26000 Jahren einen Kreis um den Pol der Ekliptik, und das tropische Jahr (die Zeit von einer Nachtgleiche zur anderen) ist kürzer als das siderische (die wahre und eigentliche Umlaufszeit in Bezug auf feste Himmelspunkte); der Unterschied beträgt aber nur 20½ Minuten und ändert physisch genommen für den Erdkörper nichts. Hinsichtlich der Neigung der Achse gegen die Ekliptik (die Schiefe der Ekliptik) ist schon oben, § 21, gesagt worden, daß dieselbe zwischen 21½ und 24½ schwanke, „jedoch hängen diese Schwankungen von mehreren Perioden ab, die sich so combiniren, daß die Zunahme oft in Abnahme und umgekehrt übergeht, ohne daß die Extreme erreicht werden. Die hauptsächlichsten dieser Perioden sind eine von 92930 Jahren, und eine andere von 40350 Jahren.“ (Mädler.)

Eine kleinere Periode dieser Art rührt von der Anziehung des Mondes her. Wenn sich derselbe in der Ebene der Ekliptik um die Erde bewegte, so würde sein Antheil an der Präzession so beständig und gleichförmig sein, wie der der Sonne; allein die Mondbahn ist gegen die Ekliptik um den Winkel 5°, 8′, 49″ geneigt, und seine Knoten, d. i. seine Durchschnitts-

punkte der Ekliptik, gehen auf der Ekliptik so schnell rückwärts, daß sie in 18²/₃ Jahren die ganze Peripherie ihres Kreislaufes vollenden. Diese Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik hat nun natürlich auch eine Neigung derselben gegen die Ebene des Aequators zur Folge, welche veränderlich sein wird, indem sie bald 5°, 8′, 49″ mehr, bald eben so viel weniger beträgt, so daß ihre mittlere Neigung, wie die der Ekliptik, 23°, 27′, 30″, ihre größte 28°, 36′ 19″ und ihre kleinste 18°, 18′ 41″ ist. Die Periode dieser Veränderung beträgt, wie gesagt, 18²/₃ Jahre. Aus dieser Ab- und Zunahme der Neigung der Mondbahn geht nun aber unmittelbar auch eine Ab- und Zunahme des Antheils hervor, den der Mond an der Präzession hat, eine Veränderlichkeit, die an die Reihe der Mondknoten während der Dauer von 18 Jahren geknüpft ist. Der Einfluß des Mondes auf das rotirende Erdsphäroid ist somit ein gedoppelter; einmal ist derselbe, wie der der Sonne, ein konstanter, dann aber auch ein veränderlicher. Die Summe der konstanten Einwirkung von Sonne und Mond ist die Lunisolarpräzession, während die veränderliche Einwirkung des Mondes in Folge der Verschiedenheit der Neigung, die seine Bahn gegen den Erdäquator hat, die Nutation heißt, d. i. das Wanken des Aequators oder der Erdachse, deren Periode an den Umlauf der Mondknoten, oder an die Dauer von 18²/₃ Jahren geknüpft ist. Die Nutation kann den Ort des Nachtgleichepunktes periodisch um 24″ und die Schiefe der Ekliptik um 9″ veränderen, 1 Sekunde zu 95 par. Fuß angenommen.

§ 24. Außer dem Einfluß von Sonne und Mond ist auch die Einwirkung der Planeten auf das Erdsphäroid zu berücksichtigen. Ihre Anziehungen bewirken, da die Ebenen ihrer Bahnen mit der Ebene der Erdbahn nicht zusammenfallen, eine Aenderung der Ekliptik, indem dieselbe dadurch allmälig dem Aequator genähert und damit zugleich auch die Aequinoktialpunkte etwas weniger vorwärts oder gegen Osten bewegt werden. „Die Schiefe der Ekliptik, sagt Littrow, die durch die Einwirkung der Sonne und des Mondes auf die Erde nicht geändert wird, leidet durch die Störung der Planeten in unseren Tagen eine jährliche Veränderung von 0″,48368. Allein die Lage der Planetenbahnen wird sich in der Folge der Zeiten so änderen, daß das gegenwärtige, durch die Wirkung der Planeten verursachte Vorwärtsgehen von jährlich 0″165 ebenfalls in ein Rückwärtsgehen und daß die gegenwärtige Abnahme der Schiefe der Ekiptik in eine Zunahme derselben übergeht. Genauere Rechnungen zeigen, daß seit Hipparch's Zeiten, also seit 2000 Jahren, die Nachtgleichen durch die Wirkung der Planeten immer vorwärts gehen, aber auch immer langsamer vorwärts gehen, und daß sie in nahe 400 Jahren wieder anfangen werden rückwärts zu gehen. Seit Hipparch ist also die konstante und immer rückwärts gehende Lunisolarpräzession von 50″233 durch die Wirkung der Planeten verkleinert worden, wird aber vom Jahr 2200 an

wieder größer werden. Ebenso ist die Schiefe der Ekliptik um das Jahr 30,000 vor Chr. Geb. am größten und gleich 27° 31′ gewesen. Seit jener unvordenklichen Zeit hat sie 15000 Jahre hindurch stets abgenommen, bis sie gegen das Jahr 15000 v. Chr. ihren kleinsten Werth 21° 20′ erreichte. Seit dieser zweiten Epoche nahm sie wieder zu bis zum Jahr 2000 v. Chr., wo sie ihren größten Werth 23° 53′ erhalten hatte, und seitdem ist sie wieder in steter Abnahme begriffen, bis sie im Jahr 6600 nach Christo ihren kleinsten Werth 22° 54′ erhalten und von da an wieder bis gegen das Jahr 20000 nach Chr. zunehmen und wieder ihren größten Werth von 25° 21′ erreichen wird. Diese Perioden der Ab- und Zunahme der Ekliptik sind also, obschon unter sich ungleich, doch sämmtlich sehr groß; aber die Grenzen, zwischen welchen die Schiefe auf- und abgeht, sind dessen ungeachtet nur klein, da selbst die äußersten Werthe derselben noch nicht 7 Grade unter einander verschieden sind. Da aber von der Schiefe der Ekliptik unsere Jahreszeiten abhangen, so gab es wol Zeiten, und sie werden im Kreislauf der folgenden Jahrhunderte wiederkommen, wo unsere Sommer und Winter strenger, wo unsere längsten Tage und Nächte in diesen beiden Jahreszeiten länger waren, als sie jetzt sind; aber der Unterschied wird, da die größte Aenderung der Schiefe nur einige Grade beträgt, immer nur gering sein, und in einer großen Reihe von Jahrhunderten werden die Jahreszeiten sich im Allgemeinen ebenso regelmäßig folgen, als wir dieses jetzt bemerken. Ein gänzliches Zusammenfallen der Ekliptik mit dem Aequator aber, wie Viele aus der gegenwärtigen Abnahme der Ekliptik schließen wollten, wird nie eintreten, und der ewige Frühling, der die unmittelbare Folge jenes Zusammenfallens beider Ebenen sein würde, ist daher eben so wenig auf der Erde zu erwarten, als der ewige Friede."

§ 25. Eine andere Wirkung der Störungen endlich zeigt sich uns in der Veränderung derjenigen Punkte, in welchen die Erde der Sonne am nächsten oder am entferntesten steht, also in der Veränderung des **Periheliums** und **Apheliums**. Aus § 4, b der Vorbegriffe wissen wir, daß die ursprüngliche Richtung der Bewegung unserer Erde, und das Verhältniß dieser Bewegung zur Gravitation die Form bestimmt, in welcher die Erde um die Sonne läuft. Wenn nun durch eine von Außen wirkende Kraft, nämlich durch die Anziehung der Planeten, entweder die Bewegung oder die Schwerkraft, oder auch beides, aber in ungleichem Maße, verändert wird, so wird auch jenes Verhältniß ein anderes, und die Folge ist, daß sich auch eine andere Lage der Bahn erzeugen muß. Die Erde eile, Fig. 20, ihrem Perihel P zu, es werde aber die Schwerkraft, mit der sie gegen die Sonne gravitirt, durch die anziehende Kraft anderer Planeten vermindert, ebenso die Schnelligkeit ihrer Bewegung, so wird sie, wenn sie in P anlangt, noch nicht ihre größte Sonnennähe erreicht haben, sondern diese wird erst in einem

weiter liegenden Punkte P' eintreten. Offenbar ist dadurch die Lage der großen Achse PAS in diejenige von P'SA' geändert worden, und die Erde wird jetzt nicht mehr ihre vorige, sondern die punktirt gezeichnete Bahn durchlaufen. Die Länge des Perihels der Erde nimmt jährlich um 11'',8 zu und wird in 110000 Jahren seinen Zyklus vollenden und wieder an demselben Punkte des Himmels, wie vorher, stehen. Da die, im Uebrigen um geringe Werthe veränderliche, Exzentrizität der Erdbahn gegenwärtig nur 0,01678, vor 2000 Jahren = 0,1762 war und nach 2000 Jahren 0,01594 sein wird, so sieht man leicht, daß bei dieser geringen Exzentrizität die Veränderlichkeit des Perihels einst zur Folge hat, das Verhältniß umzukehren, nach welchem jetzt die Sonne im Winter der Nordhalbkugel uns näher steht als in dem der südlichen. Gegenwärtig sind auf der nördlichen Halbkugel Herbst und Winter um 7 Tage kürzer als Frühling und Sommer, und nach einer Reihe von Jahrtausenden wird dasselbe auf der südlichen Halbkugel Statt finden. Wäre die Exzentrizität der Erdbahn stärker, so würde daraus ein merklicher Einfluß auf die Temperatur der Erde hervorgehen; so aber ist der Wechsel des Perihels beinahe wirkungslos.

Ganz ähnliche Störungen, wie die, welche in den drei letzten Paragraphen hinsichtlich der jährlichen Bewegung unserer Erde betrachtet worden sind, weis't die Astronomie auch in Bezug auf die übrigen Planeten nach. Die Ursache ist ganz dieselbe, sie liegt in der Anziehung der Sonne und zugleich in den gegenseitigen Anziehungen aller Planeten. „Dieser Umstand nun, sagt Mädler, stört — nicht die Ordnung der Natur, nicht die Einfachheit und Allgemeinheit des Attraktionsgesetzes, die vielmehr eben dadurch auf's Schönste bestätigt wird — sondern nur die Bequemlichkeit und Kürze unserer Berechnungen, und daher der gewählte Ausdruck. Ihre (der Störungen) ungeheuer große Perioden, sagt er an einem anderen Orte, die in den meisten Fällen die historisch beglaubigte Dauer unseres Geschlechtes weit übersteigen, machen es dem Forscher unmöglich, durch Beobachtungen allein zu ihrer Bestimmung zu gelangen; er ist in Beziehung auf sie ganz oder doch hauptsächlich an die Theorie gewiesen, er muß die feinsten und scharfsinnigsten Kunstgriffe der höheren Analysis anwenden, und gelangt damit doch häufig genug nur zu Ausdrücken und Formeln, die entweder unübersehbar verwickelt und weitläufig, oder wenn einfacher und geschmeidiger, doch aus anderen Gründen nicht geeignet sind, das wahre praktisch anwendbare Endresultat herbeizuführen. Die Schwierigkeit wird nicht sowol gehoben, als auf ein anderes Feld hinübergespielt: man könnte das, was sich ergeben hat, unter gewissen Bedingungen ganz bequem anwenden, aber diese Bedingungen sind schwer, oder gar nicht zu erfüllen. Viel, zum Erstaunen viel ist in unserer Zeit darin geleistet worden: Die Hoffnung, dereinst noch alle Schwierigkeiten auf rein theoretischem Wege gehoben zu sehen, ist keineswegs aufzu-

geben; wir rücken ihr vielmehr immer näher; aber für beendet und abgeschlossen kann der hochwichtige Gegenstand noch keineswegs gelten, denn auch die Beobachtung hat noch sehr viel zu leisten: wir müssen die Massen selbst viel genauer als gegenwärtig kennen lernen, denn bis jetzt sind nur die des Jupiter, Saturn und der Erde etwa bis auf den 400 – 500sten Theil bekannt; in allen übrigen schwanken die Werthe noch so sehr, daß man z. B. neuerdings die bisher angenommene Merkurmasse auf etwa die Hälfte herabsetzen mußte. — Hochwichtig nannte ich den Gegenstand dieser Untersuchungen, denn sie involviren die Frage: ob dem Planetensysteme und folglich auch unserer Erde eine einstige Zerstörung, ein Tod bevorstehe, herbeigeführt durch das maßlose Anwachsen gewisser Perturbationen (Störungen) im Laufe dieser ungeheuren Zeiträume, sei es nun durch das Aufeinanderstürzen und gegenseitige Zertrümmern zweier Körper, oder durch allmälige, aber gänzliche Veränderung der Bahnelemente? Wenn z. B. unsere Erde statt der mäßigen Ellipzität ihrer jetzigen Bahn nach und nach eine kometenartig exzentrische bekäme, so könnten allem Anschein nach die jetzt auf ihr lebenden Thier- und Pflanzengattungen nicht weiter bestehen, und nur die etwanigen Bewohner des Inneren der Erde könnten sich erhalten. Wenn sie vollends in die Sonne, diese 1400000 Mal größere Kugel hineinstürzte, so wäre es gänzlich aus mit ihr. Dem denkenden Geiste kann es keine Befriedigung gewähren, wenn man ihm beweist, es werde doch jedenfalls ein ungeheuer langer Zeitraum, viele Tausende von Geschlechtsfolgen in sich begreifend, bis zu einer solchen Katastrophe verstreichen — denn nicht auf das Jahrhundert, in dem er selbst und die Zeitgenossen auf Erden zu leben bestimmt sind, beschränkt sich seine Wißbegier und seine Theilnahme: „Sein, oder Nichtsein, das ist die Frage!“ Will der Schöpfer seine Welt erhalten, oder liegt es in seiner Absicht, sie, sei es auch erst nach Millionen Jahren, wieder zu zerstören?“ Doch die bisher gewonnenen Resultate der Astronomie, die Betrachtungen, die der Denker daran knüpft, berechtigen zu der frohen Ueberzeugung: daß es des Schöpfers Wille sei, seine Welt zu erhalten!

Was jene Störungen betrifft, so sind sie, sagt Mädler anderswo, eben so wie alle Veränderungen, wesentliche Momente der allgemeinen Ordnung des Weltsystems, sie werden voraus berechnet und rückwärts geschlossen, eben so wie die Bahnen selbst; sie sind endlich das Mittel, eine Menge der allerwichtigsten Beziehungen zu erforschen, die uns sonst ewig verborgen bleiben würden. Wir wüßten Nichts von der Masse und Dichtigkeit der Monde und den mondlosen Hauptplaneten, wenn sie ihre Wirksamkeit nicht durch diese Störungen beurkundeten. Wir würden über eine der wichtigsten physischen Grundlagen, über die Schwere an der Oberfläche dieser Körper, in Ungewißheit bleiben; mit einem Worte: wir würden weit weniger tiefe Blicke in

den inneren Haushalt des Universums thun können, wenn jene Störungen nicht vorhanden, oder wären sie so gering, daß unsere Beobachtungen sie nicht errathen könnten.

VI.

Der Mond und seine Bewegung.

§ 26. Es gibt einfache und Doppelplaneten, d. i. mondlose und von Monden begleitete Planeten. Die Erde gehört zu den Doppelplaneten, denn sie hat am Mond einen beständigen Begleiter, der sie nie verläßt. Der Mond erhellt unsere Nächte, ist auf unbekannten Meeren dem Seemann ein sicherer Leitstern, bewirkt zum größten Theil den mächtigen Wellenschlag der Ebbe und Fluth und ist der Regulator eines wichtigen Abschnittes unserer Zeitrechnung. Zweifelsohne ist diese Bedeutsamkeit des Mondes für uns Veranlassung geworden, daß der menschliche Scharfsinn nicht nur das Maß seiner Bewegung erforscht hat, sondern daß wir auch von seiner uns zugewandten Seite topographische Abbildungen besitzen, gleich den Karten, die uns von den Dimensionen der Erdländer und ihren Eigenthümlichkeiten überschauliche Bilder geben.

Der Mond erscheint uns als eine Kugel, die in mittlerer Entfernung 15′ 31″, 69 im Halbmesser hält. In eben dieser Entfernung beträgt die Parallaxe des Mondes 57′ 20″, 2, woraus für den Durchmesser derselben 0,27234 des Erddurchmessers, oder 468 geogr. Meilen folgt; der Flächeninhalt beträgt 688635 Quadratmeilen und der körperliche Inhalt 53735000 Kubikmeilen. Der Flächeninhalt der Erde ist 13,7 Mal, der körperliche 49,6 Mal größer als der des Mondes; die größte Länge Asiens ist gleich dem Umfang der Mondkugel und der Flächeninhalt Amerika's dem des Mondes. Er hat keine irgend wahrnehmbare Abplattung und kann daher, von freien physischen Unebenheiten abgesehen, als eine vollkommene Kugel betrachtet werden.

Schon das bloße Auge entdeckt auf der erleuchteten Mondscheibe eine Anzahl von Flecken, scheinbar ohne Ordnung, die in einem guten Fernrohre mehrere Abstufungen und Farbentöne vom blendendsten Weiß bis zum tiefsten Stahlgrau und Grünlichgrau zeigen. Die grauen Flecken hielt man früher irriger Weise für Meere, die helleren für Landstrecken und übertrug so den terrestrischen Gegensatz von Ozeanischem und Kontinentalem auch auf den Mond. Allein die Verschiedenheit des Lichtreflexes auf der Mondoberfläche rührt nur von einem Gegensatze des Starren und Weichen, Festen und Lockeren her, und man entdeckt mit Hülfe des Fernrohres, daß die grauen Landschaften mehr eben, die helleren mehr gebirgig sind, so zwar, daß es ausnahmsweise auch sehr helle Ebenen und sehr dunkle Berglandschaften gibt.

Die Gebirgsbildung auf dem Monde hat einen eigenthümlichen Charakter und erscheint als ein kreisförmiger, rings herum geschlossener Wall, der eine konkav geböschte Tiefe umschließt, ähnlich unseren Ringgebirgen. Diese Kreisbildungen sind von verschiedener Größe, die kleineren hat man Krater oder Gruben genannt, weil man für das Gesehene einer bestimmten Bezeichnung bedarf, ohne damit sagen zu wollen, daß es Formen seien, wie die gleichbenannten auf unserer Erde. In den helleren Theilen des Mondes sind die Ringgebirge häufiger, am häufigsten im südlichen und südwestlichen Theile. Man unterscheidet frühere und spätere Bildungen der Mondoberfläche, von denen die ersteren den letzteren gewichen und von diesen oft bis zur Unkenntlichkeit entstellt worden sind. Selten oder nie ist die innere Fläche eines solchen Ringgebirges, die sogenannte Wallebene, ganz eben. „Zuweilen glaubt man allerdings eine spiegelglatte Fläche vor sich zu sehen, oder höchstens gegen die Mitte hin einen isolirten Bergkegel wahrzunehmen; bei genauerer Betrachtung aber überzeugt man sich, daß Hügelgruppen, breitere Landrücken, schmale aderartige Höhenzüge, kraterartige Vertiefungen, oder auch (freilich seltene) blasenartig aufgetriebene Stellen darin vorkommen, die oft eine höchst reizende landschaftliche Mannigfaltigkeit darbieten. Nur muß man die leichten Streifen, die oft in Menge durch solche Wallebenen wie über alle anderen Mondgegenden hinziehen, nicht sofort für Erhöhungen halten: dies sind sie nur in den allerwenigsten Fällen, wie sehr auch der erste Anblick in hoher Beleuchtung dafür zu sprechen scheint." Die Zahl der Ringgebirge, wenn man sie nur bis zu 2 Meilen Durchmesser abwärts nimmt, übersteigt schon 1000, diejenige der Krater 15 — 20000. „Sehr gewöhnlich sieht man zwei oder mehrere, in einzelnen Fällen bis zu 10 und 12, reihenweise wie Perlenschnüre aneinander gereiht, in welchem Falle gewöhnlich zwei benachbarte einen gemeinschaftlichen Wall haben. In anderen ähnlichen Verbindungen ist der Zusammenhang noch inniger: eine Art von Thor geht aus einem Krater in den anderen, und so wird leicht ein Kanal mit rundlichen Seitenausbiegungen daraus. — Krater kommen in den verschiedensten Lokalitäten vor: in Ebenen, Ringflächen, an und auf den Wällen derselben, zwischen Gebirgszügen, an und auf flacheren Landrücken u. dgl. Da die meisten derselben nach Innen sehr schroff abstürzen und noch ganz mit Schatten erfüllt sind, wenn auch die Sonne schon 15 — 20° über ihrem Horizonte steht, so bekommen die Mondgegenden, wo sie sich sehr häufig finden, ein gleichsam durchlöchertes Ansehen. — Der Mond zeigt allerdings auch hin und wieder eben solche Gebirgsketten als unsere Erde, jedoch seltener und auf kürzere Strecken, auch in der Form der Thal- und Gipfelbildung abweichend. Die ersteren näheren sich mehr oder weniger der Kraterform, die letzteren sind vorherrschend dom-, zuweilen jedoch pikförmig. Einzelne Mondberge erreichen eine Höhe von 15 — 20000 Fuß. — Eine noch räthselhaftere

Formation stellt sich uns in den sogenannten Rillen dar: schmalen tiefen Furchen, gradlinigt oder nur in sehr mäßigen Krümmungen durch Ebenen, Gebirgslandschaften und Krater hinstreichend und schwer wahrzunehmen, da sie fast sämmtlich äußerst schmal sind. Bis jetzt sind gegen 90 gefunden. Man kann sie wechselsweise als glänzende Lichtlinien und als schwarze Fäden erblicken, ersteres im Vollmonde, letzteres bei schräger Beleuchtung. Anfang und Ende der meisten Rillen liegen gewöhnlich in derselben Ebene und zeigen keine merkliche Ungleichheit der Breite; Verzweigungen und Durchschneidungen derselben sind sehr selten; schlängelnde Krümmungen, wie bei den Flüssen unsers Erdkörpers, kommen nur bei einer einzigen vor. Ueberhaupt spricht nichts dafür, daß sie Stromsysteme seien, oder dies einst waren. An einigen Stellen sieht man sie zu 2, 3, 4 nahe neben einander parallel fortstreichen. Sie durchsetzen zuweilen Berge von ziemlicher Steilheit und Höhe, wobei sich aber ihre Breite gewöhnlich nicht verändert, die überhaupt in den meisten Fällen durchweg gleich ist."

Gewisse Astronomen haben dem Mond eine Atmosphäre und Gewässer zugeschrieben, weil sie beides für die Existenz der Mondbewohner für nöthig erachteten. Es ist nun allerdings sehr wahrscheinlich, daß der Mond, wie überhaupt jeder Weltkörper, lebende Bewohner habe, weil kein Grund vorhanden ist, warum die Erde den größten Vorzug, Wohnplatz lebendiger Wesen zu sein, ausschließlich für sich in Anspruch nehmen könnte. Daraus folgt aber nicht, daß die Bewohner anderer Weltkörper denen unserer Erde ähnlich oder gleich seien, vielmehr wird jeder Weltkörper mit solchen Bewohnern versehen sein, die seiner Naturbeschaffenheit angemessen sind. Wenn daher der Mond lebende Bewohner hat, so setzt dies noch nicht voraus, daß ihm auch die absolut nothwendigen Erfordernisse des physischen Lebens auf der Erde zukommen müssen, nämlich eine Atmosphäre und Gewässer. Die Existenz beider ist für den Mond aus folgenden Gründen zu bezweifeln: Hat der Mond eine Atmosphäre, so besteht diese aus irgend einer Luftart; jede Luftart aber bricht den Lichtstrahl und schwächt das hindurchgehende Licht. Von Beidem ist auf der Mondoberfläche nicht das Geringste wahrzunehmen. „Wenn wir die Randlandschaften derselben beobachten und mit denen der Mitte vergleichen, so finden wir dieselbe Deutlichkeit, was bei keiner mit einer Atmosphäre umhüllten Kugel möglich ist. Wir finden beim Eintritt eines Sternes in den Mondrand keine Schwächung, wie sie die Erdatmosphäre (und zwar in sehr starkem Maße) bewirken würde; und eben so wenig eine Verminderung der Dauer des Durchganges, die eine Mondatmosphäre eben so bewirken würde, wie die Erdatmosphäre durch die Strahlenbrechung eine Verminderung der Nachtlänge bewirkt. Eine Umhüllung des Mondes also muß, wenn sie existirt, den Lichtstrahl weder schwächen noch ablenken. Enthielte diese unbekannte Umhüllung, die wenig-

stens nicht Luft heißen könnte, aufgelösten Wasserdampf, so würde sich auch dieser durch Strahlenbrechung verrathen müssen. Eine Flüssigkeit aber, die nicht verdunstet (unser Wasser verdunstet auch im luftleeren Raume) ist keine der uns bekannten, d. h. eben so wenig ein Wasser, wie jene Umhüllung eine Luft ist." Die Freunde der Mondatmosphäre ließen sich aber durch diese Gründe nicht aus dem Felde schlagen, sie behaupteten dennoch die Existenz derselben, nur nahmen sie an, daß sie ungleich feiner als diejenige der Erde und in einer Höhe von 400 bis 500 Fuß so dünn sei, als unsere Luft auf den höchsten Bergen. Ebenso nahmen sie ein Mondwasser an von so ätherischer Feinheit und Klarheit, daß wir in 50000 Meilen Entfernung keine Spuren derselben wahrzunehmen vermögen. Hat nun der Mond wirklich eine Luft, so ergeben die neuesten Untersuchungen und Rechnungen für dieselbe doch nur eine Dichtigkeit von 1/968, die der Erdluft = 1 gesetzt, sie wäre also so dünn, daß ein Mensch augenblicklich darin ersticken müßte. Man sieht leicht, daß an eine Aehnlichkeit der Naturverhältnisse zwischen Mond und Erde nicht gedacht werden kann. „Wo weder Luft noch Wasser (oder beides in so unbedeutendem Grade) existirt, wird man auch an unser Feuer, also auch an Feuerausbrüche u. dgl. nicht zu denken haben," und die von Manchen aufgestellte Annahme vulkanischer Eruptionen erscheint somit im höchsten Grade als unwahrscheinlich. — Das Mondlicht steht dem Sonnenlicht an Stärke bedeutend nach, indem selbst das Licht des Vollmondes, wenn er in heiteren Nächten im Meridiane steht, wo es seine größte Intensität hat, noch um etwa 300000 Mal schwächer ist als das der Sonne; woher es kommt, daß man den Mond am Tage, wenn er über dem Horizonte steht, nur als eine glanzlose, bleiche Scheibe wahrnimmt. Das Mondlicht ist erborgtes Sonnenlicht, daher seine geringe Stärke und sein Mangel an Erwärmungsvermögen. Manchmal erblickt man neben dem von der Sonne erleuchteten Theile der Mondscheibe den anderen Theil mit mattem, aschgrauem Lichte leuchten; es ist dies das Licht, welches von der erleuchteten Erde an den Mond und von diesem wieder an unser Auge reflektirt wird. — Einem Auge auf dem Monde muß die Erde als eine elliptische Scheibe erscheinen, die 13 — 14 Mal größer ist als die Sonne, somit als der Hauptkörper des ganzen Himmels; auf derjenigen Mondseite aber, die wir niemals ansichtig werden, wird von keinem Auge jemals die Erde gesehen, und nur an den Rändern dieser Seite wird sich die Erde in Monatsfrist abwechselnd über den Horizont erheben und wieder unter denselben senken. Wenn ferner ein Auge auf dem Monde mit einer Fernröhre von hinlänglicher Stärke bewaffnet wäre, so müßte ihm die Erde wie eine Reliefkarte erscheinen, indem es Erdtheile und Meere nach ihrer gegenseitigen Begrenzung, Gebirgszüge, große Inseln, Flüsse und Landseen, selbst große Waldungen, Städte, starke vulkanische Eruptionen, Polarlichter, Wolkenbildungen u. a. m. wahrnähme

und sähe, wie alles dies in einem Erdentage von West nach Ost vorüberzieht.

§ 27. Der Mond bewegt sich um seinen Zentralkörper, die Erde, welche auf ihn eine überwiegend ziehende Kraft ausübt. Ihrerseits wird aber auch die Mondmasse anziehend auf die Erde einwirken, zufolge dessen auch die Erde sich um den Mond bewegen muß. Sonach besteht die wahre Bewegung eigentlich aus den Umläufen beider Körper um einen zwischen ihnen liegenden Punkt S, Fig. 21, welcher ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt ist. Derselbe wird um so viel näher an E liegen, als die Masse des Körpers E die von M an Größe übertrifft. Wir wissen nun schon, daß die Masse der Erde um etwa 50 Mal größer ist, als die des Mondes, es wird daher auch die ziehende Kraft der Erde weit stärker sein als die des Mondes und jener Schwerpunkt S, worin sich beide Körper hinsichtlich ihrer Kräfte ausgleichen, muß somit nahe an den Mittelpunkt der Erde fallen, so daß sich die Erde in Beziehung auf den Mond nur um ihren Mittelpunkt bewegt, während der Mond um die Erde läuft. Die astronomische Berechnung zeigt, daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt beider Himmelskörper 88 Mal weiter vom Mond als vom Erdmittelpunkt liegt, und daß man sich erlauben darf, bei Betrachtung der Mondbahn, als deren Zentrum eigentlich der erwähnte Schwerpunkt anzusehen ist, die Erde in Beziehung auf den Mond als ruhend anzunehmen.

Da der Mond um die Erde läuft, diese selbst aber während eines Mondumlaufes in ihrer Bahn um die Sonne fortrückt, so läuft der Mond auch gleichzeitig mit der Erde um die Sonne. Diese letztere Bewegung des Mondes ist also eine Bewegung um eine fortschreitende Mitte und wird, während die umlaufende Fortschreitung derselben um die Erde dem Kreise ähnlich ist, keinen Kreis sondern eine Radlinie (Cycloide) beschreiben, nämlich in Bezug auf die Sonne, und zwar eine Radlinie ohne Durchschlingungen, weil die Erde durchschnittlich in jeder Minute 241 Meilen, der Mond nur etwa 8 Meilen fortrückt. Auch dieses Verhältniß kann im Folgenden unberücksichtigt gelassen werden, weil der Lauf des Mondes immer auf seinen Hauptplaneten und nur insofern auf die Sonne bezogen wird, als durch sie in seiner Bahn Störungen veranlaßt werden.

Den Beweis für die wirkliche Bewegung des Mondes um die Erde gibt uns dessen scheinbare tägliche Ostwestbewegung, zu welcher er 24 St. 50′ 28″ gebraucht, und die, wie wir schon wissen, aus der Rotation der Erde zu erklären ist. Allein die Dauer einer vollen Umwälzung der Erde ist gleich der Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Kulminationen des mittleren Widderpunktes, und diese beträgt 23 St. 56′ 4″ mittlere Zeit. Der scheinbare tägliche Umlauf des Mondes zeigt also einen Ueberschuß über die angegebene Dauer des Sterntages, und dieser Ueberschuß rührt von

der wirklichen Westostbewegung des Mondes um die Erde her. Der Mond rückt nämlich während einer Erdrotation im Mittel um etwa 13° 10′ 35″ in derselben Richtung fort, in welcher die Rotation geschieht; indem nun jeder rotirende Ort während eines Sterntages einen Kreis von 360° durchläuft, ist der Mond um den erwähnten Bogen von 13° 10′ 35″ über die 360° weiter gegen Osten gerückt, und diesen Bogen hat der Ort noch bis zur Kulmination des Mondes zu durchlaufen; man sieht hieraus leicht, warum der scheinbare tägliche Umlauf des Mondes mehr Zeit erfordert, als eine volle Umwälzung der Erde bedarf. — Die Westostbewegung des Mondes ist die in seiner Bahn um die Erde, welche, wie die aller Planeten, eine Ellipse ist, deren Apsiden, weil die Erde in dem einen Brennpunkte der Bahn steht, eine ungleiche Entfernung von derselben haben. Die Exzentrizität der Mondbahn beträgt 0,0548442 der halben großen Achse, oder 2841 Meilen, daraus ergibt sich, da die mittlere Entfernung des Mondes 51,803 Meilen beträgt, für die größte Entfernung desselben von der Erde (Apogäum) 54,644 Meilen und für die kleinste (Perigäum) 48,961 Meilen, und hieraus folgt nach denselben Gesetzen, die auch für den Lauf der Erde gelten, eine ungleiche Winkelbewegung des Mondes in seiner Bahn. (§ 4, b)

Der Umlauf des Mondes kann auf verschiedene Punkte bezogen werden, weshalb auch verschiedene Arten seines Umlaufes, oder, was dasselbe ist, verschiedene Arten von Monaten unterschieden werden. Bezieht man ihn auf einen bestimmten Fixstern, so erhalten wir den *wahren* Umlauf, der auch der *siderische* heißt. Er ist die Zeit, die der Mond gebraucht, um seinen Umlauf am Himmel von diesem Stern bis wieder zu demselben zurückzulegen und währt 27 Tage 7^h 43′ 11″,5. Nach Verlauf dieser Zeit hat also der Mond 360° seines Laufes zurückgelegt, und es läßt sich hieraus leicht seine tägliche und stündliche Bewegung, so wie die Zeit ableiten, welche er gebraucht, um eine gegebene Anzahl von Graden zu durchlaufen. — Bezieht man den Umlauf des Mondes auf das Frühlingsäquinoktium, d. i. auf den Punkt 0° der Länge, so erhalten wir die *tropische* Umlaufszeit, welche 27 Tage 7^h 43′ 4″,7 beträgt. Sie ist etwas kürzer als die *siderische*, weil, wie wir aus § 23 wissen, die Aequinoktialpunkte gegen Westeu zurückweichen, also eine retrograde Bewegung haben, die macht, daß der Mond den Frühlingspunkt etwas früher erreicht, als es ohne dies der Fall wäre. — Bedeutender ist der Unterschied zwischen der wahren und *synodischen* Umlaufszeit, welche bezogen wird auf dieselbe Konjunktion, oder auf die Rückkehr des Mondes zu demjenigen Punkte, wo er mit Erde und Sonne eine gerade Linie bildet. Während des Umlaufs des Mondes um die Erde legt diese nämlich selbst einen Theil ihrer Bahn, und zwar 1/13 derselben zurück, so daß die Richtungslinie von der Erde zur Sonne jetzt eine andere geworden ist, und der Mond, nach Vollendung eines wahren Umlaufes, noch einen

Bogen von etwa 29°,5 zurücklegen muß, um in die inzwischen veränderte Richtungslinie zu gelangen. Steht, nach Mädler, die Erde in T, Fig. 22, der Mond in m, und die Sonne (400 Mal weiter entfernt) nach derselben Richtung hin, und es macht der Mond einen wahren Umlauf, während die Erde von T nach T' rückt, so wird er in m' stehen, wie die mit Tm parallel gezogene Linie T'm' zeigt. Allein T'm' ist jetzt nicht mehr die Richtung zur Sonne, und der Mond muß, um diese zu erreichen, während die Erde bis T'' fortläuft, in seiner Bahn um die Erde den Bogen m' m'' zurücklegen. Natürlich wird sich dies bei jedem Umlauf wiederholen, und der synodische Umlauf ist also um die Zeit, welche zur Beschreibung des Bogens m' m'' erfordert wird, größer als der wahre. Der mittlere synodische Umlauf beträgt 29 Tage 12h 44' 2'',9.

Zwei andere Arten des Mondumlaufes, der draconitische und anomalistische, von denen sich jener auf den Punkt bezieht, in welchem die Mondbahn die Ekliptik schneidet, dieser auf das Perigäum, werden hauptsächlich durch die störenden Einwirkungen der Sonne bestimmt. Eine dieser Störungen, die schon von Ptolemäus entdeckte sogenannte Evektion, besteht in einer Verlangsamerung oder Beschleunigung des Mondlaufes, je nachdem der Mond mit der Erde und Sonne in gerader Linie steht, oder mit beiden Himmelskörpern einen rechten Winkel bildet. Sie erklärt sich vollständig aus dem Attraktionsgesetz, nach welchem sich die Kraft, mit welcher die Sonne ihre Planeten anzieht, umgekehrt verhält, wie das Quadrat der Entfernung, also z. B. 4 Mal schwächer ist, wenn der angezogene Körper doppelt so weit entfernt ist. Stehen nun Sonne, Erde und Mond in gerader Linie, und zwar entweder, Fig. 22, in der Ordnung STm''' oder SmT, so zieht im ersteren Falle die Sonne die Erde stärker als den Mond, im letzteren den Mond stärker als die Erde an, wodurch beidemal der Abstand zwischen Erde und Mond vergrößert wird. Die unmittelbare Folge davon ist, daß die Kraft, womit die Erde auf den Mond wirkt, vermindert, demnach auch die Bewegung des letzteren verlangsamert wird, (§ 4, b). Macht dagegen die Sonne mit Erde und Mond einen rechten Winkel, wobei beide Körper nahezu gleich weit von der Sonne entfernt sind, so wird zwar die ziehende Kraft der Sonne auf beide Körper nicht verschieden sein, wol aber die Richtung der Anziehung. Die Richtungen beider Körper neigen nämlich zur Sonne hin, Mond und Erde werden dadurch einander genähert, die Ziehkraft der Erde in Bezug auf den Mond vermehrt, folglich die Bewegung des letzteren beschleunigt. Man sieht leicht, daß die Verzögerung des Mondlaufes am größten sein wird, wenn die Erde im Perihel ist, weil alsdann die Wirkung der Sonne auf die Erde und den Mond am stärksten ist, und daß demzufolge der Lauf des Mondes im Winter etwas langsamer als im Sommer sein muß.

Das Verhältniß der Tangentialkraft zur Zentripetalkraft, von welchem die Form der Bahn abhängt, erklärt das Vorwärtsrücken des Perigäums. Wird nämlich eine der beiden Kräfte in Beziehung auf die andere vermehrt oder vermindert, so wird die elliptische Bahn geändert. Die Verminderung der Zentripetalkraft bewirkt, daß der Mond sich seinem Zentralkörper, der Erde, langsamer nähert. Dies hat zur Folge, daß, wenn er vom Punkte seines kleinsten Abstandes an einen Kreis von 360° zurückgelegt hat, noch nicht dahin gelangt ist, diesen kleinsten Abstand wieder zu gewinnen, sondern noch einen Bogen zurücklegen muß, der von der Größe der Störung abhängt. Eine Vermehrung der Zentripetalkraft hätte das Umgekehrte zur Folge, der Mond näherte sich der Erde schneller und erreichte das Perigäum, bevor er in seinem Umlaufe 360° zurückgelegt hätte. Die Evektion des Mondes besteht nun in einer wechselsweisen Vermehrung und Vermindernng der Zentripetalkraft, und zwar so, daß die letztere überwiegt; es wird demnach bei'm Monde der erstere Fall seine Anwendung finden, und der Mond längere Zeit bedürfen, sein Perigäum zu erreichen, als ein wahrer Umlauf erfordert; das Perigäum, und damit die ganze Apsidenlinie, rückt also vorwärts, und zwar sehr rasch, indem sein Ort schon in 8 Jahren 310 Tagen 13^h 48′ 53″ um den ganzen Himmel herumläuft. Die Bewegung ist eine direkte von Westen nach Osten; beziehen wir daher die Umlaufszeit des Mondes auf den Ort des Perigäums, so wird dieselbe länger währen als die siderische; sie beträgt 27 T. 13^h 18′ 37″,4 und heißt die anomalistische.

Die draconit'sche Umlaufszeit des Mondes ist die kürzeste von allen. Wir haben schon § 23 gesehen, daß die Steigung der Mondbahn gegen die Ekliptik 5° 8′ 49″ beträgt; sie ist veränderlich, ihr Maximum beträgt 5° 18′, ihr Minimum 5° 0′. Die beiden Durchschnittspunkte dieser Bahn mit der Eklipktik heißen die Mondsknoten, und zwar derjenige, in welchem der Mond von der Südseite der Ekliptik auf die Nordseite übergeht, der aufsteigende, der andere der niedersteigende Knoten. Der Mond durchschneidet aber die Ekliptik nach einem Umlaufe nicht an derselben Stelle, vielmehr bewegen sich die Knoten ziemlich schnell rückwärts in der Ekliptik, also von Osten nach Westen, oder retrograd in Beziehung auf die Mond- und Erdbahn, so daß der Mond den aufsteigenden Knoten früher erreicht, als nach einem siderischen Umlaufe, und folglich keine 360° zu durchlaufen braucht. Der draconitische Umlauf währt 27 T. 5^h 5′ 36″. Die Ursache des Rückwärtslaufens der Knoten ist die Sonne, welche aus der Ebene der Ekliptik her auf den außerhalb derselben stehenden Mond wirkt und dahin strebt, ihn näher zur Ekliptik heranzuziehen, so daß er den Knotenpunkt früher erreicht, als außerdem geschehen wäre. Ist in Figur 23 AB die Ekliptik, a der aufsteigende, b der niedergehende Knoten, so bewegt sich der Mond in der Linie abcd; der neue aufsteigende Knoten c liegt westlicher, als

der frühere, weshalb der Mond die Ekliptik früher erreicht. Auf diese Weise gehen die Knoten von Osten nach Westen durch die ganze Ekliptik und rücken erst nach 18 Jahren 218 T. 21^h 22′ 46″ in die frühere Stelle wieder ein.

Im Obigen sind die hauptsächlichsten der störenden Wirkungen der Sonne auf den Mond berührt worden; ohne sie würde der Mond um einige Stunden rascher um die Erde laufen als jetzt und ihr einige hundert Meilen näher rücken. Ich bemerke hier in Beziehung auf diese Störungen nur, daß auch die Exzentrizität der Mondbahn, wie die der Erde, veränderlich ist, und daß die Erscheinungen, welche uns der Mondlauf darbietet, sich auch im Lauf der Planeten wiederholen, wobei ebenfalls drei oder mehrere Körper auf einander einwirken. Der Unterschied ist nur der, daß, während bei'm Monde eine Störungsperiode schon nach Monaten, höchstens Jahren abläuft, bei Planeten dazu oft Myriaden von Jahren erfordert werden, was indeß, wie leicht einzusehen, der Allgemeinheit des Newton'schen Gravitationsgesetzes keinen Eintrag thut.

§ 28. Der Mond hat nicht nur einen Umlauf um die Erde und mit derselben zugleich um die Sonne, sondern er rotirt drittens auch um seine Achse, und zwar vollkommen genau in derselben Zeit, in welcher er seinen Umlauf um die Erde vollendet. Seine Rotation ist jedoch gleichförmig und nimmt an den durch die Störungen erzeugten Ungleichheiten keinen Theil. Wenn ich mich um einen Menschen herumbewege, so jedoch, daß mein Gesicht seinem Gesichte, dann seiner linken Schulter, dann seinem Rücken und endlich seiner rechten Schulter und wieder seinem Gesichte zugewandt ist, so habe ich mich zugleich um meine eigene Achse gedreht. Gerade so verhält es sich mit dem Monde, die Periode seines Umlaufes ist zugleich die Periode seiner Rotation, während welcher er uns immer nur dieselbe Seite zuwendet und die entgegengesetzte unseren Blicken entzieht; seine Rotation ist eine durch die Erde gebundene. Jedoch sind die Grenzen zwischen beiden Mondhälften nicht immer dieselben, indem am Rande der uns zugewandten Hälfte von Zeit zu Zeit Flecken der anderen Hälfte erscheinen, während andere verschwinden, und die in der Mitte der sichtbaren Hälfte sich zeigenden Flecken bald mehr nordwärts, bald mehr südwärts, auch öfters bald mehr ostwärts, bald mehr westwärts treten. Die Erscheinung heißt das Wanken des Mondes (Libration), und zwar heißt die Libration von West gen Ost die in die Länge, die von Norden nach Süden die in die Breite; die erste hat ihren Grund in der Ungleichheit, mit welcher sich der Mond fortbewegt, die letztere in der schiefen Stellung seiner Rotationsachse auf der Ebene seiner Bahn und der Lage der Mondbahn gegen die Erdbahn, welcher zufolge er sich bald über, bald unter derselben bewegt. Im ersteren Falle müssen wir von seinem Südpol mehr als von seinem Nord-

pol, im letzteren vom Nordpol mehr als vom Südpol erblicken, — ein Verhältniß, welches ganz ähnlich ist dem von der Erde zur Sonne. Mädler erklärt den Umstand, daß der Mond uns immer nur die eine Seite zukehrt, während das Menschengeschlecht die andere nie gesehen hat, noch sehen wird, auf folgende Weise: „Als Erde und Mond sich aus dem formlosen Chaos zu bilden anfingen, fügten sich die einzelnen Weltatome nicht völlig konzentrisch um den anfänglichen Mittelpunkt, sondern nach der Seite der Erde zu in etwas stärkerem Maße als nach der entgegengesetzten. Diese Seite ward mithin die schwerere, und wie gering auch das Uebergewicht immerhin sein mochte; es veranlaßte eine Neigung, sich beständig der Erde zuzuwenden. Es frägt sich nun, ob die Rotation des Mondes gleich Anfangs so beschaffen gewesen sei, wie wir sie jetzt finden, oder ob ihre Periode eine von der Umlaufsperiode verschiedene — nur nicht zu stark verschiedene — war, die aber nach und nach durch jene überwiegende Neigung der schwereren Mondhälfte zur Erde auf die jetzige zurückgebracht worden? Im letzteren Falle hätten Anfangs große Schwankungen Statt gefunden, die aber allmälig — ähnlich wie die eines in starke Bewegung gesetzten Pendels — sich bis zum Unmerklichen verminderten. Da sie indeß nicht ganz vernichtet werden können, vielmehr ihre gegenseitige Größe, wenn sie anders existiren, von der anfänglichen abhängt und auf sie zurückschließen läßt, so ist es nunmehr Sache der beobachtenden Praxis, diese physische Libration zu entdecken."

Die Gleichheit der Zeit zwischen dem Mondumlauf und seiner Rotation macht, daß der Mondstag, d. i. die Zeit zwischen zwei nächsten Aufgängen der Sonne für den Mond, oder die Zeit von einem Neumond zum anderen, ungefähr 29½ unserer Tage beträgt, daß mithin der mittlere Tag des Mondes gleich ist der halben Dauer seines Umlaufes, oder 354^h 22′ 1″,4; er erleidet, mit Ausnahme der äußersten polaren Gegenden, im Lauf des Jahres, welches dem Erdjahr nahe gleich ist, nur geringe Veränderungen. Die von den Jahreszeiten abhängenden Ungleichheiten der Mondtage sind durchschnittlich 16 Mal geringer als auf unserer Erde; es gibt dann freilich noch andere Ungleichheiten, welche die Erde nicht kennt, von denen aber hier nicht die Rede sein kann. Die Nächte des Mondes sind von zweierlei Art. Die von uns abgewandte Mondhalbkugel hat völlig dunkle Nächte, die auf der diesseitigen dagegen sind sämmtlich erdhell, und zwar ist diese Helle fast 14 Mal stärker als der Mondschein für uns.

§ 29. Die Masse des Mondes ist $1/88$ (genauer $1/87{,}74$) der Erdmasse, der körperliche Inhalt $1/49{,}6$ des Erdinhalts, daraus erhalten wir für die Dichtigkeit 0,562; ist nun die Dichtigkeit der Erde = 5,46° der Dichtigkeit des reinen Wassers, so ist die Dichtigkeit der Mondkugel die dreifache unsers Wassers. Hieraus folgt, daß die Schwere auf der Mondoberfläche 6⅗ Mal geringer ist als auf der Erde, demnach beträgt der Fall eines Körpers auf dem Monde in der ersten Sekunde nur 2,314 Fuß; ein Zentner (100 ℔),

von unserer Erde dorthin versetzt, würde nur 15,4 Pfd. wiegen. „Durch dieses Schwereverhältniß werden alle Bewegungen, horizontale wie vertikale, leichter, und besonders die letzteren gefahrloser. 66 Fuß Höhe auf dem Monde sind um nichts bedenklicher als 10 Fuß auf der Erde. Ein aufgeworfener Körper fliegt in demselben Verhältniß höher und weiter: Der Widerstand der Massen, so weit er nicht von der Kohäsion, sondern nur von der mechanischen Schwere abhängt, ist geringer als bei uns. Terrainschwierigkeiten, die uns zu so ungeheuren Anstrengungen, zu so riesenhaften Werken nöthigen, werden dort, auch bei noch so großen Unebenheiten des Bodens, wenig zu bedeuten haben."

§ 30. Es bleibt uns noch die Betrachtung der *Mondphasen* und der *Finsternisse* übrig. Die ersteren, oder die wechselnden Lichtgestalten des Mondes sind eine Folge des Mondumlaufes, und sind in Monatsfrist wahrnehmbar. Da unser Trabant kein selbstleuchtender Körper ist, sondern sein Licht von der Sonne erhält, so kann nur die der Sonne zugewandte Mondhalbkugel erleuchtet sein. Ist der Mond in Opposition mit der Sonne, d. i. geht eine vom Mond zur Sonne gezogene gerade Linie durch den Mittelpunkt der Erde, so wird die ganze erleuchtete Mondhälfte der Erde zugewandt sein; wir haben *Vollmond* und sehen Sonne und Mond nach entgegengesetzten Richtungen: SEM. Nach $7\frac{3}{8}$ Tagen hat sich diese Lichtgestalt geändert, denn da der Mond in seiner Bahn von Westen nach Osten fortrückt, kommt er nach dieser Zeit in eine Stellung, in welcher er auf einer von der Sonne zur Erde gezogenen Linie senkrecht steht: $S\overset{M}{E}$. Offenbar ist alsdann der Erde nur die Hälfte (die links liegende) der erleuchteten Mondhalbkugel zugekehrt, neben welcher rechts die eine Hälfte der dunkeln Seite liegt. Diese Stellung heißt die *Quadratur* des Mondes, oder das *letzte Viertel*. In dem der Mond auf seiner Bahn weiter vorwärtsrückt, kommt er nach $7\frac{3}{8}$ Tagen in die Stellung SME, also gerade zwischen die Sonne und die Erde, er steht in Konjunktion mit der Sonne, d. i. wir sehen ihn mit der Sonne nach demselben Zeichen des Thierkreises hin, und er kehrt uns seine dunkle, unerleuchtete Hälfte zu; es ist *Neumond*. Endlich nach weiteren $7\frac{3}{8}$ Tagen ist die Lage des Mondes $S\underset{M}{E}$, so daß uns abermals nur die eine (rechts liegende) Hälfte seiner erleuchteten Scheibe sichtbar ist. Auch diese Stellung heißt Quadratur, aber *erstes Viertel*, worauf dann wieder Vollmond folgt, oder die Stellung SEM. Was man *Sichel* des Mondes nennt, läßt sich aus dem Bisherigen leicht erklären, es sind diejenigen Lichtgestalten, welche in den Lagen zwischen *Quadraturen* und *Syzygien* (Konjunktion und Opposition) vorkommen. In der Konjunktion geht der Mond mit der Sonne auf und unter, in der Opposition, oder zur Zeit des Vollmondes, fällt der Aufgang des Mondes in die Zeit des Sonnenunterganges, und der Mond steht auf der Schattenseite der Erde, während er zur Zeit des Neu-

mondes auf der erleuchteten Seite der Erde steht. Kurz vor und nach dem Neumonde sehen wir auch mit bloßem Auge den dunkeln Theil der Mondscheibe durch ein blasses Licht erleuchtet, das von der Erleuchtung durch die Erde herrührt. Der Mond hat alsdann Mitternacht, die Erde, der Sonne und dem Monde gerade gegenüber, ist voll erleuchtet, und gerade wenn das aschgraue Licht am deutlichsten in die Augen fällt, ist die Sonne bei uns Nachmittags noch nicht unter- und Vormittags längst aufgegangen.

Jeder nicht selbst leuchtende und undurchsichtige Körper wirft, wenn er von einem anderen erleuchtet wird, einen Schatten in der Richtung des verlängerten Lichtstrahls hinter sich. Gestalt und Größe des Schattens hängt von der des leuchtenden und beleuchteten Körpers, so wie von der Entfernung beider ab. Man unterscheidet den vollen oder eigentlichen vom Halbschatten, der noch Sonnenlicht, aber nur von einem Theile der leuchtenden Scheibe, enthält und sich allmälig in's helle Licht verliert. Die Distanzen und Größen der Planeten sind der Art, daß volle Schatten nie von einem Hauptplaneten auf einen anderen, sondern nur auf dessen Monde, und von den Monden auf den Hauptplaneten fallen können. Dagegen ist der Halbschatten durch keine noch so große Distanz beschränkt. Die Länge des vollen Erdschattens in größter Entfernung ist 188640 Meilen, in mittlerer 185453 und in kleinster 182408 Meilen; die Länge des vollen Neumondschattens ist in größter Entfernung 51083, in mittlerer 50209 und in kleinster 49376 Meilen. Der Schatten der Erde übertrifft somit den Abstand des Mondes von der Erde um mehr als das Dreifache, und es kann daher der volle Erdschatten den Mond nicht allein treffen, sondern auch ganz bedecken, so daß der Mond über zwei Stunden lang darin verborgen ist. Der Mond dagegen kann seinen vollen Schatten in mittlerer Entfernung nicht mehr auf die Erde werfen, wol aber in geringerer, nur wird der verfinsterte Theil stets ein sehr geringer sein, in den Aequatorgegenden nicht über 30 Meilen, in Polargegenden bisweilen 200 Meilen im Durchmesser. Der Grund, warum der volle Erdschatten den Vollmond und der volle Neumondschatten die Erde nur ausnahmsweise trifft, liegt außer der veränderlichen Distanz der Erde vom Monde darin, daß die Ebene der Mondbahn mit der Ebene der Erdbahn nicht zusammenfällt, sondern dieselbe unter einem Winkel von 5'',9 schneidet. Der Vollmond wird daher meistens dem Erdschatten und die Erde dem Neumondschatten nördlich oder südlich vorübergehen, und eine Beschattung der Erde durch den Mond und des Mondes durch die Erde wird nur dann eintreten, wenn der Mond zur Zeit seiner Konjunktion oder Opposition mit der Sonne in der Nähe seiner beiden Knoten ist. Ist dies der Fall im Neumond, so entsteht eine Sonnenfinsterniß, im Vollmond aber eine Mondsfinsterniß.

Was zuerst die Sonnenfinsternisse betrifft, so unterscheidet man sie in totale, ringförmige und partiale. Die totale, vom vollen Mondschatten bewirkte Sonnenfinsterniß ist stets von kurzer Dauer, weil wegen der Rotation der Erde und ihrer Bewegung auf der Bahn nach wenigen Minuten andere Erdorte in den Schatten treten, als die anfänglich getroffenen. Der Gang der totalen Finsterniß bildet eine Kurve auf der Erdfläche, deren Anfang da ist, wo zu gleicher Zeit die Sonne untergeht, und deren Ende nach 4 — 5 Stunden an einem Orte ist, das 100° — 120° vom ersteren entlegen ist, und wo die Sonne eben aufgeht. Zu beiden Seiten dieser Kurve ist die Finsterniß partial, da die dortigen Länder und Meere nur vom Halbschatten des Mondes getroffen werden. Da bei einer totalen Sonnenfinsterniß der scheinbare Durchmesser des Mondes größer ist als der der Sonne, so erscheint letztere zunächst der Finsterniß sichelförmig, der Mond aber, der uns seine unerleuchtete Seite zukehrt, zeigt einen so scharf begrenzten Rand, daß man mit einer mittelmäßigen Fernröhre seine Erhöhungen und Vertiefungen deutlich wahrnimmt. An Orten, wo die Sonnenfinsterniß wirklich total erscheint, tritt eine eigenthümliche Dunkelheit ein, die weder völlige Nacht noch Dämmerung ist, die Farbe des Himmels ist gräulich grau und einige der helleren Sterne werden sichtbar; die schwarze Mondscheibe ist von einem lebhaft glänzenden, heftig wallenden, hochrothen Lichtringe umgeben, von welchem sich gelbliche Strahlen verbreiten, die sich allmälig in's Weiße verlieren. Es ist, als ob dieser Ring sich schnell im Kreise, wie ein um einen Mittelpunkt laufendes Kunstfeuer, bewege. Mädler, der eine Erklärung dieser Erscheinung gibt, sagt: „Wenn die Finsterniß total wird, so zeigt sich eine Erscheinung, welche alle Beobachter in Staunen versetzt hat, und die nur bedauern läßt, daß die Gelegenheit, sie zu sehen, so überaus selten ist und so kurze Zeit dauert. Die wahrscheinlichste Erklärung des Phänomens ist die, daß die Sonne außer den Photosphären, welche ihre für gewöhnlich sichtbare Grenze bilden, mit einer physischen Lichthülle bis zu einer großen Ferne hin umgeben ist, die aber doch nicht stark genug glänzt, um neben der wirklichen Sonne noch wahrgenommen zu werden; daher denn die einzige Gelegenheit, sie wahrzunehmen, dann eintritt, wenn weder direktes noch gebrochenes Sonnenlicht zu uns gelangt, und gleichwol die Gegend, wo die Sonne steht, sich über unserem Horizont befindet, d. h. nur bei ganz oder nahe totalen Sonnenfinsternissen. Es sind dies die dichtesten und in heftigster Erschütterung befindlichen Theile des Aethers, welche diese Hülle bilden, die, wie aus allen Beobachtungen erhellt, durchaus keine bestimmte obere Grenze hat, sondern jederzeit so weit hin wahrgenommen wird, als es die besonderen Umstände zulassen. Vom Rotationsschwunge kann es übrigens nicht herrühren, da es sich sonst an den Polen der Sonne entweder gar nicht, oder doch beträchtlich schwächer als am Aequator zeigen müßte.“

— „Auf sehr freien Ebenen, sagt Mädler an einem anderen Orte, die eine meilenweite Umsicht gewähren, kann man den Schatten des Mondes deutlich herankommen und über die Erdfläche hinjagen sehen; man kann rings von tiefem Dunkel umhüllt, entfernte Städte, Berge und andere Gegenstände im hellsten Sonnenlichte erblicken. — Der Eindruck dieser so seltenen Begebenheit auf die Thierwelt ist höchst eigenthümlich. Die Vorempfindung, wodurch die Thiere bei den Witterungsveränderungen, wie bei denen der Tages- und Jahreszeit, stets so sicher geleitet werden, ist ihnen für dieses Phänomen vom Schöpfer versagt worden. Sie gerathen in die größte Angst und Verwirrung: Vögel fliegen wie gescheucht umher, ja fallen plötzlich aus der Luft herab; Hunde erheben ein fürchterliches Geheul, Pferde und andere Thiere drängen sich fest an einander, oder werden wild und fliehen. Reiter mögen ja absitzen, wenn sie nicht die größte Gefahr laufen wollen. Man denke sich zu allen diesen angstvollen Scenen noch ein abergläubiges Volk, das sich händeringend und in stummer Verzweiflung auf die Kniee wirft oder laut heulend umherläuft und wenn es noch einige Besinnung behält, die Brunnen zudeckt, damit das vom Himmel fallende Gift sie nicht verderbe — und man hat ein Bild dieser Begebenheit, wie es frühere Zeiten allgemein, und die jetzigen noch auf einem großen Theile der Erde darbieten." — Zu den oben angeführten Wirkungen einer totalen Sonnenfinsterniß kommt noch, daß die Temperatur der Luft, wenn die Finsterniß total geworden ist, schnell um mehrere Grade sinkt. Bei der Sonnenfinsterniß am 15. Juli 1842, Morgens nach 5 Uhr, fiel in einer Höhe von etwa 3000 Fuß, wo ich beobachtete, ein zweiter Thau und ein angezündetes Feuer verbreitete eine sehr willkommene Wärme. Die totalen Sonnenfinsternisse sind übrigens selten und kehren für einen gegebenen Erdort durchschnittlich erst nach 150 — 200 Jahren wieder.

Ist der scheinbare Monddurchmesser kleiner als der der Sonne, so entstehen **ringförmige** Sonnenfinsternisse für diejenigen Orte, die von der verlängert gedachten Achse des Mondschattens getroffen werden und in der nächsten Umgebung. Sie zeigen ähnliche Erscheinungen, wie die totalen, ein sonderbares Dunkel verbreitet sich, bei'm Vorrücken des dunkeln Mondes auf der Sonnenscheibe wird diese zur Sichel, die aber mehr als den Halbkreis einnimmt, und deren Spitzen gegen einander gekehrt sind, die Sichel wird schmäler und die Spitzen derselben vereinigen sich zuletzt plötzlich, so daß nun der Mond von einem geschlossenen Lichtring umgeben ist. Aber schon nach wenigen Minuten zerspringt der Ring auf der gegenüber liegenden Seite, die Sonne hat wieder Sichelgestalt, die immer größer wird, bis zuletzt der Mond ganz an der Sonne vorübergegangen ist. Auch bei ringförmigen Sonnenfinsternissen sinkt das Thermometer.

Häufiger, als die vorgenannten Finsternisse, sind die **partialen**, denn Anfang und Ende einer totalen und ringförmigen Sonnenfinsterniß ist allemal partial, sowie in den Gegenden, welche nördlich oder südlich von der

Linie liegen, die die Schattenachse beschreibt, die Finsterniß nur partial ist. Geht aber die Schattenachse nördlich oder südlich an der Erde vorüber, so kann in höheren nördlichen und südlichen Breiten die Finsterniß nicht anders als partikal sein. Besondere Erscheinungen sind in der Regel nicht mit partialen Finsternissen verbunden.

Ein unbewaffnetes Auge sieht Mondfinsternisse nur dann, wenn der volle Erdschatten den Mond trifft. Wird der ganze Mond getroffen, so sind sie total, sonst partial; ringförmige gibt es nicht, weil der Erdschatten größer als die Mondfläche ist. Sie können gegen 4 Stunden währen, und alsdann kommen 2 Stunden auf die totale, die erste und letzte Stunde auf die partiale Finsterniß. „Der Erdschatten zeigt sich auf dem Monde stets deutlich kreisförmig; allein eine scharfe Begrenzung, wie Sonnenfinsternisse sie darbieten, vermißt man.“ Ganz natürlich; denn Mondfinsternisse werden durch den Erdschatten bewirkt, während Sonnenfinsternisse Bedeckungen der Sonnenscheibe durch den Körper des Mondes sind. Der Schatten zeigt anfänglich eine graue Farbe, die Flecken des Mondes verschwinden. Im Fernrohre zeigt dieses Grau einen röthlichen Schimmer und geht in Roth über, je mehr der Schatten vorrückt, wobei die Flecken wieder sichtbar werden. Ist die Finsterniß beinahe total geworden, so ist die Mondscheibe überall roth bis auf die Seite des letzten Lichtes, die graublau erscheint. Ist endlich der letzte Sonnenstrahl verschwunden, so ist das Roth über die ganze Mondscheibe verbreitet, „alle Flecke, auch die kleinsten, zeigen sich in zarter, gleichsam rosenfarbener Beleuchtung; nur um das Zentrum des Schattens herum lagert sich dunkle Nacht (der sogenannte Kernschatten), in der man große Mühe hat, noch Einiges zu erkennen. Bricht endlich an der Ostseite der erste Sonnenstrahl wieder hervor (ein herrlicher Anblick), so zeigen sich die vorhin beschriebenen Phänomene in umgekehrter Ordnung.“ Damit aber die Erscheinung den hier beschriebenen Verlauf habe, ist der günstigste Luftzustand erforderlich; ist die rings um die Erde gehende Auf- und Untergangszone der Luft ganz heiter, so wird der beschriebene Verlauf bemerkt werden; ist sie bewölkt, so stellt sich das Roth entweder als das vortrefflichste Rosenroth oder das glühendste Hochroth, zuweilen auch als das trübste Kupferroth, oder ein schmutziges Grauroth dar; ist sie völlig bedeckt, so kann der verfinsterte Mond ganz verschwinden, indem alsdann auch das gebrochene Sonnenlicht den Mond nicht erreicht. Den Umstand, daß bald nach dem Eintritt der Beschattung die Flecken des Mondes verschwinden, und hernach, bei tieferer Dunkelheit, in weiter vorgerückter Finsterniß wieder sichtbar werden, um bald vor Ende der Finsterniß wieder zu verschwinden, erklärt Mädler auf folgende Weise. „Es scheint, daß der glänzende Ring, den wir bei totalen Sonnenfinsternissen sehen, uns hier zur Erklärung helfen könne. Sein Ursprung sei welcher er wolle, so wird man

als höchst wahrscheinlich annehmen können, daß er sich auch den Seleniten zeige, wenn die Erde ihnen die Sonne verdeckt. Auch bei uns bedarf er einige Zeit, ehe er sich als Ring bildet, wiewol man früher Spuren desselben wahrnimmt. Man denke sich, daß die Erde die Sonne so eben ganz bedeckt habe, so wird man von diesem Augenblicke an doch nur das gebrochene Licht wahrnehmen. Dies ist da, wo der letzte Punkt der Sonne verschwand, am stärksten; zu beiden Seiten schwächer und gegenüber fehlt es ganz; es entsteht also ein Ring von sehr ungleicher Breite, Intensität und Farbe. Diese so ungleich vertheilten Regenbogenfarben bringen ein verworrenes graues Dämmerlicht hervor, etwa wie ein mechanisches Gemenge der betreffenden Pigmente es erzeugen würde, und in diesem Dämmerlichte zerfließen die Bilder der Gegenstände in eine formlose Masse, daher das Verschwinden der Flecken. Je mehr nun aber die Erde vorrückt, je weniger Licht an der breitesten Stelle des Ringes durchdringen kann, desto gleichförmiger und gleichfarbiger muß der Ring selbst werden; und da unter den Brechungsfarben Roth die stärkste und am längsten wahrnehmbar ist, so überwiegt es je länger desto mehr, bis es nur allein noch wahrgenommen wird. In dem Maße, wie dies erfolgt, tritt an die Stelle des grauen verworrenen Zwielichtes ein zwar weit schwächeres, aber gleichförmiges rothes Licht, und in diesem fängt man die Gegenstände wieder zu unterscheiden an. Die Flecken erscheinen also wieder und bleiben sichtbar, bis etwa gegen die Mitte der Finsterniß hin die Erdscheibe nach allen Seiten so weit übergreift, daß auch die letzten rothen Strahlen verschwinden und nächtliche Schatten die Mondlandschaften bedecken. In ähnlicher Weise sehen wir in einer Mondnacht, obgleich das Licht der Quantität nach beträchtlich geringer als das der Abenddämmerung ist, dennoch Hell und Dunkel weit bestimmter gesondert, als nach Sonnenuntergang, und wie im Sonnenschein selbst unterscheiden sich Licht und Schatten, während selbst das hellste Zwielicht uns ein Verschwimmen der Formen und Farben darbietet. Die Brechung in der Erdatmosphäre, wiewol sie ohne Zweifel den wesentlichsten Antheil an dem erwähnten Phänomen hat, scheint dennoch allein zur Erklärung nicht auszureichen, besonders wenn man bedenkt, daß auch wir bei Sonnenfinsternissen um den verdeckenden Mond einen ähnlichen und zwar äußerst lebhaft glänzenden Ring bemerken, während die gewichtigsten Gründe gegen das Vorhandensein einer Mondatmosphäre von merklicher Dichte sprechen. Die einfachste Annahme, welche beiden Erscheinungen Genüge leistet, ist die einer um die Sonne nach allen Seiten hin sich erstreckenden Lichthülle, die in gewöhnlichem Zustande durch den lebhaften Glanz der eigentlichen inneren Photosphäre verdunkelt und unserem Anblick entzogen wird, allein hervortritt, sobald letztere verdeckt ist, was nur bei totalen Finsternissen geschehen kann."

VII.

Zeitrechnung.

§ 31. Unter Zeitrechnung versteht man die Eintheilung der Zeit und die Beziehung von Ereignissen auf sie. Die Zeit ist eine stetige, immer fortgehende Größe, in welcher als solcher kein reeller Unterschied ist. Will man also die Zeit eintheilen, so kann dies nur durch Gegenstände geschehen, die sich im Raume, der ebenfalls eine stetige Größe ist, gleichmäßig bewegen. Die Größe des Raumes, den verschiedene Körper zu verschiedenen Zeiten durchlaufen, gibt uns daher das Maß, womit wir das Verhältniß dieser verschiedenen Zeiträume bestimmen. Unter allen Körpern in der Natur gibt es nun keine geeigneteren und deutlicheren Zeitmesser, als Erde, Mond und Sterne, sie waren den Völkern des grauesten Alterthums, den klassischen Völkern Griechenlands und Roms die alleinige Uhr, sammt Kalender und Wegweiser, sie sind es noch heute für alle Völker, bei denen die europäische Kultur und mit dieser die Uhren und Kalender der Jetztzeit noch keinen Eingang gefunden haben. An sie allein knüpfte sich früher die Zeitrechnung; durch sie allein ward es möglich, Ordnung und Uebereinstimmung in alle Verrichtungen zu bringen; sie waren die Grundlage historischer Ueberlieferungen, „daher es uns nicht verwundern darf, wenn nicht allein halbkultivirte, sondern selbst ganz rohe Völker bei näherer Bekanntschaft eine überraschende Kenntniß des Firmaments und eine den Europäer in Erstaunen setzende Sicherheit in Zeit- und Ortsbestimmungen, welche sie dieser Kenntniß verdanken, an den Tag legen. Und selbst in unsern heimischen Fluren sehen wir oft den Hirten, der bei Nachtzeit seine Heerde bewacht, der Hülfsmittel leicht entbehren, welche die Kultur der Städte ihm darbieten könnte, denn der große und der kleine Bär, die er besser, als mancher sich hoch über ihn erhaben dünkende Musensohn kennt, sagen ihm, wann und wohin er sich zu wenden habe.“ Der Lauf der Sonne, oder richtiger die Rotation der Erde und ihr jährlicher Umlauf, und der Lauf des Mondes gaben schon den ältesten Völkern die Unterscheidung und Eintheilung der Zeit nach Tagen, Monaten und Jahren an die Hand; aber freilich genau konnte die Zeit erst durch fortgesetzte Beobachtungen und einen großen Aufwand von Scharfsinn ausgemittelt werden. Es entstand ein System von Regeln und Grundsätzen, welches die mathematische Chronologie heißt. Verschieden von ihr, obgleich häufig mit ihr verwechselt und vermischt, ist die historische Chronologie, die allerdings von ihr gewisse Grundbegriffe entlehnt, sich aber auf die Zeiteintheilung, wie sie bei verschiedenen Völkern sich findet, beschränkt, und die Grundsätze entwickelt, nach welchen Begebenheiten in ein richtiges Zeitverhältniß zu setzen sind und die Zeit überhaupt zum historischen Gebrauch bestimmt

und eingetheilt wird. Der mathematischen Chronologie dagegen wird die beobachtete mehrmalige Wiederkehr eines gewissen Standes der Gestirne am Himmel das Maß zur Festhaltung von Zeitperioden, die dazwischen verstrichen sind, und sie benutzt sie theils für die Astronomie, in der sie wurzelt, und zur Bestimmung des Standes anderer Himmelskörper, theils zur Anwendung auf das bürgerliche Leben, namentlich zur Berichtigung des Kalenders. Die Zeitperioden der mathematischen Chronologie sind Tag, Monat und Jahr.

§ 32. Die Rotation der Erde erfolgt mit der größten Gleichförmigkeit und zugleich hat sie sich durch Jahrtausende so konstant gezeigt, daß seit Hipparchs Zeiten, also seit nahe 2000 Jahren, ihre Geschwindigkeit nicht um 1/200 einer Sekunde schneller oder langsamer geworden ist. Keinem Künstler wird es gelingen, eine Uhr zu konstruiren, die an Regelmäßigkeit und Sicherheit der Erdrotation gleich kommt, weswegen auch die Dauer einer Rotation am geeignetsten ist, die Dauer eines Tages zu bestimmen, welche, wie die der Rotation, eine gleich bleibende sein wird. Alle gesitteten Völker theilen den Tag in 24 Stunden (h), die Stunde in 60 Minuten (m), die Minute in 60 Sekunden (s) und letztere in Dezimaltheile oder Tertien. Da aber die Erde während einer Umdrehung auf ihrer Bahn um 350,000 Meilen fortrückt, so werden für irgend einen Erdort zwei auf einander folgende Kulminationen eines Fixsterns zwar genau zur selben Tageszeit eintreffen, nicht aber die der Sonne. Ist, Figur 24, die Sonne in S und die Erde heute zur Zeit der Kulmination der Sonne für a in l, so wird sie Morgen während einer vollen Umdrehung auf ihrer Bahn nach l′ fortgerückt sein, und der Ort a befindet sich in a′, wie die mit Sl parallele Linie S′l′ zeigt. Offenbar hat der Ort a′ noch nicht den Meridian erreicht, in welchem ihm die Sonne kulminirt, sondern muß bis dahin, außer der bereits vollendeten Rotation, noch den Bogen a′b durchlaufen. Ist S ein Fixstern, so wird für denselben der Bogen ll′, da die Fixsterne ungeheuer weit von uns entfernt sind, ein bloßer Punkt sein, und der Ort a wird deswegen nach einer vollen Umdrehung den Fixstern S wieder ganz nach derselben Richtung, nämlich nach S′ hin sehen, d. i. der Fixstern wird ihm schon in a′ kulminiren. Je nach dem also die Dauer einer vollen Rotation auf die Sonne oder einen Fixstern bezogen wird, erhalten wir als Folge der beiden Bewegungen der Erde den Unterschied von Sonnentag und Sterntag; jener ist länger als dieser, und zwar um die Zeit, in welcher der Bogen ab von der rotirenden Erde zurückgelegt wird. Theilt man den Sonnentag in 24 Stunden, so kommen auf den Sterntag $23^h\ 56^m$ . . ., wird dagegen der Sterntag in 24^h getheilt, so hat der Sonnentag 24^h , 3^m . . . Der Sonnentag ist also um etwa 4^m länger als der Sterntag; 4^m Zeit betragen aber 1^0 im Bogen, und um so viel ungefähr rückt im Laufe eines Tages die Sonne scheinbar von Westen

nach Osten vor. Ist der Bogen ll' stets von gleicher Größe, so muß, da die Umdrehungszeit unveränderlich gleichförmig ist, der Bogen $a'b$ gleichfalls stets von gleicher Größe sein. Allein die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn ist, nach § 19, keine gleichförmige; die Erde durchläuft in gleichen Zeiten nicht gleiche Bogen, der Bogen ll' ist also nicht immer gleich groß, folglich auch nicht der Bogen $a'b$. Hiezu kommt noch, daß der Bogen $a'b$ ein Bogen des Aequators ist, die Erde sich aber in der Ekliptik um die Sonne bewegt. Wenn man aber Bogentheile eines größten Kreises auf einen anderen größten Kreis reduzirt, indem man von ersterem auf den letzteren senkrechte Linien zieht, so wird man auf letzterem nicht immer die gleiche Zahl von Graden erhalten, sondern in den größten Abständen beider Kreise mehr, in ihren Durchschnittspunkten weniger, wie uns auf einem Globus Aequator und Ekliptik zeigen können, die beide in Grade eingetheilt sind. Aus beiden Gründen ist daher die Zeit, in welcher die rotirende Erde den Bogen $a'b$ zurücklegt, veränderlich, mithin auch die Länge des Sonnentages. Dies gibt die Unterscheidung in wahre und mittlere Sonnenzeit. Erstere ist nicht durchaus gleichförmig, denn sie ist die Zeit zweier auf einander folgender Kulminationen der Sonne, und der wahre Sonnentag kann bis 30 Sekunden über oder unter 24 Stunden haben. Eine richtig entworfene und gestellte Sonnenuhr hält ihrer Natur nach mit der Ungleichheit des wahren Sonnentages Schritt, zeigt also im Augenblick des wahren Mittags auf zwölf. Der mittlere Sonnentag ist die durchschnittliche Größe aus sämmtlichen wahren Sonnentagen des Jahres, daher die mittlere Sonnenzeit der wahren bald voraus, bald hinter ihr zurück ist, weil nach ihr die Sonne bald früher, bald später als um 12 Uhr kulminirt. Bei dieser mittleren Sonnenzeit sind die Tage durchaus von gleicher Länge und werden ebenfalls in 24 Stunden eingetheilt. Eine vollkommen regulirte mechanische Uhr, also eine Pendel- oder Taschenuhr, sofern sie überhaupt auf Sonnenzeit gestellt ist, zeigt den mittleren Sonnentag an und wird zwar in Beziehung auf den wahren Sonnentag abwechselnd vor- und nachgehen, aber nach Verlauf eines Jahres sich vollkommen in's Gleiche gestellt haben. Der Unterschied zwischen der wahren und mittleren Sonnenzeit heißt die Zeitgleichung, und ist eben dieses Vor- und Nachgehen der Uhr. Sie ist zur Berichtigung der Uhren in den astronomischen Kalendern für jeden Tag, in den bürgerlichen aber gewöhnlich für eine Periode von 5 zu 5 Tagen angegeben. Ist der Unterschied zwischen der mittleren und wahren Zeit positiv, so eilt der mittlere Mittag dem wahren vor, und man muß den positiven Unterschied von der mittleren Zeit abziehen; ist dagegen der Unterschied negativ, so trifft der mittlere Mittag später ein als der wahre, und man muß denselben zur mittleren Zeit addiren. Die Zeitgleichung kann im Februar und November bis über 16 Minuten gehen. Da der Sterntag $23^h\ 56^m$ ... mittlere Sonnenzeit

und der mittlere Sonnentag 24^h 3^m . . . hält, so kann man den Gang einer auf mittlere Sonnenzeit regulirten Uhr auch so prüfen, daß man beobachtet, ob die Kulmination eines und desselben Sterns nach ihr täglich 3^m . . . früher erfolgt. Der Sterntag nämlich, d. i. die Zeit von der Kulmination irgend eines Fixsterns bis zur nächstfolgenden, ist, wie gesagt, um etwa 4 Minuten kürzer als der Sonnentag, d. i. als die Zeit von Mitternacht zu Mitternacht. Kulminirt nun z. B. ein Fixstern am 1. Januar um Mitternacht (was für den Sirius fast genau der Fall ist) so muß er nach 23^h 56^m, d. i. um 11 Uhr 56 Minuten der nächsten Nacht abermals kulminiren, und so in jeder folgenden um 4 Minuten früher. Nach Verlauf eines Monats wird er um 10 Uhr, am 1. März um 8 Uhr u. s. w. kulminiren, und sein Auf- und Untergang wird sich auf solche Weise um eben so viel verfrühen, und man wird den Sirius alsdann zur Prüfung der Uhr nicht mehr beobachten können. Inzwischen sind aber andere Sterne, die am 1. Januar in späteren Stunden durch den Meridian gingen, nach und nach ebenfalls früher heraufgekommen, und an die Stelle des im Sonnenschein verschwundenen Sirius kann nun irgend ein anderer von den sichtbar gewordenen gewählt werden. — Wollte man die wahre Sonnenzeit erhalten, ohne auf sehr große Genauigkeit Anspruch zu machen, so beobachte man folgendes Verfahren. Man errichte einen senkrechten Stab von mittlerer Höhe und bringe an das obere Ende desselben eine dünne metallene Platte mit einer kleinen runden Oeffnung an, hierauf ziehe man vom Fußpunkte des Stabes konzentrische Kreise von beliebiger Zahl und in solchen Distanzen, daß das durch die Oeffnung der Metallplatte fallende Sonnenbild nach und nach in die Peripherien dieser Kreise trifft. Man bemerke nun während des Vormittags diese Punkte und man wird finden, daß sie in einer gegen den Stab hin konvexen Kurve liegen, fahre alsdann Nachmittags damit fort, wenn der Schatten sich wieder verlängert und nach und nach die Kreise wieder erreicht, durch welche er sich früher zurückzog. Verbindet man hierauf die dem gleichen Kreise gehörenden Punkte durch eine gerade Linie, so wird die Normale, welche man vom Fußpunkte des Stabes auf diese Linie zieht, die Richtung des Meridians bezeichnen. Die Zeit, wann das Sonnenbild die Normale trifft, ist der wahre Mittag.

In früheren Jahrhunderten ist allgemein nach wahrer Zeit gerechnet worden, und auf mehreren Thürmen verschiedener Städte findet sich daher die vorhin beschriebene Einrichtung, die Gnomon heißt, noch jetzt, durch die man das Bild der Sonne auf eine Meridianlinie fallen ließ. Seitdem aber die künstlichen Zeitmesser zu einer so großen Vollkommenheit gebracht worden sind, können die höchstens Minuten angebenden Sonnenuhren mit ihnen nicht mehr konkurriren, und in den meisten Städten Europas ist des-

halb im Laufe des vorigen Jahrhunderts die mittlere Zeit als Richtschnur der bürgerlichen Geschäfte eingeführt worden.

Sieht man blos auf die Zeiträume, während welcher die Sonne über dem Horizonte verweilt, so heißt dies der natürliche Tag. Er richtet sich, nach § 22, nach den Jahreszeiten und ist daher veränderlich, weil diese von dem Winkel abhangen, den der Aequator der Erde mit der Ebene ihrer Bahn um die Sonne macht. — Im Uebrigen ist der Anfangspunkt der 24 Stunden des Tages nicht von jeher gleich genommen worden. Die alten Völker ließen ihn mit dem Untergang der Sonne zusammenfallen; „denn Mittag und Mitternacht sind durch kein bestimmtes Moment hervorgehoben und den Aufgang der Sonne kann auch der Fleißigste leicht verschlafen.“ So ward die Nacht zum folgenden Tag gerechnet. Allein die Ungenauigkeit des bald früheren, bald späteren Untergangs der Sonne führte nach und nach zur Mitternacht, als Anfangspunkt des Tages, wie dies noch jetzt im bürgerlichen Leben gilt, wo der Tag von Mitternacht zu Mitternacht gezählt wird. In der Astronomie ist es anders, man zählt den astronomischen Tag von Mittag an und theilt ihn nicht, wie den bürgerlichen, in 2 Mal 12, sondern direkt in 24 Stunden. Der Grund ist die Unbequemlichkeit, die Beobachtungen einer Nacht auf zwei verschiedene Kalendertage vertheilen zu müssen. So ist z. B. nach astronomischer Zählungsweise der 30. Nov. 10 Uhr Vormittags der 29. November 22 Uhr, oder der 30. Nov. 3 Uhr Nachmittags der 30. Nov. 3 Uhr.

§ 33. Die Eintheilung der Zeit in Monate rührt, wie schon der Name andeutet, vom Lauf des Mondes her. Einige Völker fingen den neuen Monat von dem ersten Wiedererscheinen des Mondes nach seiner Konjunktion an zu zählen und ließen, da dies Wiedererscheinen bald 29, bald 30 Tage dauerte, die Monate abwechselnd 29 und 30 Tage währen. Waren 12 solcher Mondmonate verflossen, so war auch beinahe dieselbe Jahreszeit wiedergekehrt, und so enthielt das Jahr 12 Mondmonate zu 29½ Tagen, oder 354 Tage, oder über 11 Tage weniger, als das Sonnenjahr, welches 365 T. 5 St. 48 M. 45 Sek. zählt. Natürlich war man bestrebt, das Mondjahr mit dem Sonnenjahr in Uebereinstimmung zu bringen und behalf sich zu diesem Zwecke mit Einschaltungen einzelner Tage, oder auch ganzer Monate nach Ablauf gewisser Perioden. Das sogenannte meton'sche Jahr enthält solche Einschaltungen von Monaten. Der Athener Meton nämlich endeckte (432 v. Chr.), daß 235 Mondmonate bis auf einen geringen Unterschied 19 Sonnenjahren entsprechen. Der synodische Umlauf des Mondes beträgt nämlich 29 Tage 12 St. 44′ 2″,8; es kommen somit auf 12 solcher Umläufe 354 Tage 8 St, 48′ 33″,6, also im Vergleich zum Sonnenjahr 10 Tage 21 St. 0′ 11″ zu wenig. Nach Verlauf von 19 Jahren sind diese zu 206 Tagen 15 St. 3′ 29″ angewachsen, welche sehr nahe mit 7 Mondmonaten (206 T. 17 St. 8′

20'') übereinkommen. Dies führte Meton darauf, innerhalb 19 Jahren 7 Monate einzuschalten, so daß 12 derselben zu 12 Monaten und 7 zu 13 Monaten gerechnet wurden. Der Fehler betrug nach 19 Jahren nur etwa 2 St., und erst in etwa 2 Jahrhunderten einen Tag. Durch diese 19jährige Periode ward nun allerdings eine gewisse Ordnung in die Zeitrechnung gebracht, allein man sieht doch leicht, daß es unbequem sein müßte, nach so ungleichen und veränderlichen Jahren zu zählen. Die Zeitrechnung ward daher ein Geschäft der Priester, und wenn sich diese, wie es in Rom häufig geschah, mit den Machthabern verständigten, um dieselben entweder länger im Amte zu erhalten oder einen neu gewählten früher eintreten zu lassen, so wurden dadurch die Jahre bald länger, bald kürzer. Dieser Anordnung machte Julius Cäsar ein Ende, und bestimmte das Jahr nicht mehr nach dem Lauf des Mondes, sondern nach dem der Sonne; er setzte das Sonnenjahr zu 365 Tagen und 6 Stunden. Nach dem julianischen Kalender hat das Jahr 365 Tage, jedes vierte dagegen 366 Tage, indem nach dem 23. Februar ein Tag eingeschaltet wird. Der Fehler eines mittleren Jahres beträgt hier 11 Minuten 15 Sekunden, welche nach 128 Jahren zu einem ganzen Tag anwachsen und folglich im Lauf der Jahrhunderte die Monate in andere Jahreszeiten bringen. In 387 Jahren nämlich zeigte sich ein Fehler von drei Tagen, und der Frühlingsanfang fiel, statt auf den 21. März, schon auf den 18, und zur Zeit Papst Gregor XIII, im J. 1582, betrug der Unterschied schon 10 Tage, indem die Frühlingsnachtgleiche auf den 11. März traf. Gregor befahl daher, daß im Oktober 1582 zehn Tage aus dem Kalender weggelassen werden sollten und nach dem 4 sofort der 15 gezählt werde. Auch wurde bestimmt, daß, um das Frühlingsäquinoktium auf den 21. März festzuhalten, die von vier zu vier Jahren eintretenden Schaltjahre bei drei auf einander folgenden Sekularjahren ausfallen, und nur das vierte Jahrhundert mit einem Schaltjahre anfangen sollte, so daß demnach das Jahr 1600 ein Schaltjahr, 1700, 1800 und 1900 Gemeinjahre, 2000 wieder ein Schaltjahr ist. Bei dieser Bestimmung war das Sonnenjahr zu 365 T. 5 St. 49 M. 12 Sek. angenommen, was mit der mittleren Länge des tropischen Jahres von 365 T. 5 St. 48 M. und 45 Sek. nicht ganz übereinstimmt. Der Fehler ist aber so gering, daß es mehrere Jahrtausende Zeit hat, bis eine Verbesserung nöthig ist. Dieser verbesserte Kalender heißt der gregorianische, oder auch der neue Stil, im Gegensatz zum julianischen, den man auch den alten Stil nennt. Der Unterschied zwischen beiden Kalendern ging 1700 auf 11 Tage, weil dieses Jahr nach der julianischen Einrichtung ein Schaltjahr, nach der gregorianischen aber ein Gemeinjahr ist. Aus demselben Grunde ist die Differenz seit 1800 und durch das ganze neunzehnte Jahrhundert 12 Tage, und für die beiden folgenden Jahrhunderte 13 Tage, da das Jahr 2000 in beiden Kalendern ein Schaltjahr ist.

Das Jahr, oder die Zwischenzeit zwischen Anfang und Ende eines vollen Umlaufs der Erde um die Sonne, kann in Beziehung auf verschiedene Punkte bestimmt werden; denn entweder bezieht man den Umlauf auf einen festen Punkt am Himmel z. B. auf einen Fixstern, oder auf den Punkt der Frühlingsnachtgleiche, oder auf das Perihelium, oder auf andere Planeten; hiernach erhalten wir 4 Arten des Jahres, das siderische, tropische, anomalistische und synodische. Beim siderischen oder Sternjahr ist die Dauer eines vollen Umlaufs der Erde von ihrem Stande bei einem Fixstern bis zu demselben zurück das Zeitmaß, und die Astronomen bestimmen seine Länge zu 365 Tagen 6 St. 9 M. 12,34 Sekunden. Die periodischen Störungen der Planeten bewirken eine Veränderlichkeit des siderischen Jahres, die auf 15 — 20 Minuten der Dauer gehen kann, sich aber nie anhäuft, sondern nach kurzer Zeit wieder ausgleicht, die aber natürlich auch auf das tropische Jahr übergeht. Sekuläre Störungen des siderischen Jahres sind nicht vorhanden, dies behält stets die gleiche mittlere Länge. Wird der Durchschnittspunkt des Aequators und der Ekliptik als Anfangs- und Endpunkt angenommen, so erhält man das tropische Jahr, dessen Länge 365 T. 5 St. 48 M. 45 Sek. beträgt. Es ist kleiner als das Sternjahr, weil die Aequinoktialpunkte der Erde, die ihre Bahn von Westen nach Osten durchläuft, alljährlich von Ost gen West um 50″,233 entgegenrücken, die Erde also die Aequinoktien früher erreicht und eine Kurve beschreibt, an der zu 360° jene 50″,233 fehlen. Gegenwärtig ist das tropische Jahr um 20′, 22″,9 kürzer als das siderische; nach 100 Jahren wird es um 20′ 23″,5′ kürzer als dieses sein. Die Vorrückung der Nachtgleichen ist insoweit konstant, als sie von Sonne und Mond abhängt, insofern ist also das tropische Jahr unveränderlich; allein ein Theil dieser Vorrückung ist Wirkung der Planeten, deren Elemente selbst veränderlich sind, und so gibt es sekuläre Veränderungen dieses Theils der Präzession, welche die mittlere Dauer des tropischen Jahres um etwa eine Minute ändern können. Im Jahr 3040 v. Chr. war, nach Mädler, das tropische Jahr am längsten, etwa ½ Minute länger als jetzt, wo es nur noch 2 — 3 Sekunden über seinem mittleren Werthe steht. Im Jahr 2360 v. Chr. wird es seine mittlere Länge von 365 T. 5 St. 48 M. 44,6 Sek. erreichen, und dann weiter bis zum Jahr 7600 v. Chr. abnehmen, wo es auf 365 T. 5 St. 48 M. 9 Sek. herabsinkt. Vom Einfluß der Veränderlichkeit des siderischen Jahres auf das tropische ist schon die Rede gewesen. Das anomalistische Jahr, das sich auf das Perihelium bezieht, ist noch größer als das Sternjahr. Die Erde durchläuft nämlich diejenige Hälfte ihrer elliptischen Bahn, welche am weitesten von der Sonne absteht, im Sommer, die andere im Winter, und da nach den Keplerschen Gesetzen die Flächensektoren der Bahnen, welche in gleichen Zeiten durchlaufenen Bögen angehören, einander gleich sind, so muß die Erde auf derjenigen Hälfte

ihrer Bahn, worin sie von der Sonne am weitesten entfernt ist, die Zeit zubringen. Allein die Apsidenlinie rückt jährlich um 11'',8 mit der Ordnung der Zeichen weiter, und da die Präzession 50''233 beträgt, so gibt die Summe beider Größen 62''033. Diesen Bogen muß also die Erde mehr als die ganze Bahn durchlaufen, um im Anfangspunkt der veränderlichen elliptischen Bahn anzukommen, und sie gebraucht hiezu 25 M. 10 Sek. Das anomalistische Jahr beträgt also 365 T. 5 St. 48 M. 45 Sek. + 25 M. und 10 Sek., oder 365 T. 6 St. 13 M. 55 Sek. Das ... ist die Zeit der Wiederkehr eines Planeten zu derselben Lage in Beziehung auf die Sonne und die Erde.

Für die Zeitrechnung ist das tropische Jahr das wichtigste, weil es in derselben auf die Feststellung der Frühlingsnachtgleiche ankommt. Allein das Summiren der Ungleichheiten desselben durch so viele Jahre hindurch macht, daß nie ein Kalenderzyklus gefunden werden kann, der nicht wenigstens um 1 bis 1½ Tage vom Himmel abwiche, wenn er einige tausend Jahre damit übereinstimmte. Nach Mädler würde die beste, d. h. am genauesten dem Himmel sich anschließende Kalendereinrichtung durch Weglassung eines Schaltjahres nach je 128 Jahren erhalten werden, was genau ein Jahr von 365 T. 5 St. 48 M. 45 Sek. gibt. Durch Einführung dieser Verbesserung bedürfte es nie wieder einer neuen.

§ 34. Es bleiben noch einige nähere Bemerkungen über unseren Kalender übrig. Anfangs feierten die Christen das Osterfest zugleich mit den Juden am Tage des Vollmondes, der zunächst nach der Frühlingsnachtgleiche eintritt. Im Jahr 325 beschloß dann das Concilium zu Nicäa, daß Ostern an dem Sonntage gefeiert werden soll, welcher dem ersten Vollmonde nach dem Frühlingsäquinoktium folgt, und daß dieses jedesmal auf den 21. März fallen soll. Nach dieser Bestimmung sind die Ostergrenzen zwischen dem 22. März und 25. April, indem am 22. März Ostertag sein wird, wenn am 21. Vollmond und dieser Tag zugleich ein Sonnabend ist; wenn aber am 20. März, also ein Tag vor Frühlingsanfang, Vollmond ist, so haben wir erst wieder am 18. April Vollmond, und trifft sich's dann, daß dieser 18. April zugleich ein Sonntag ist, so wird Ostern erst am 25. April gefeiert. Nach dem Ostertage richten sich alle beweglichen Feste des Jahres, denn am Donnerstag der sechsten Woche nach Ostern ist Himmelfahrt und der siebente Sonntag nach Ostern ist Pfingsten. Weihnachten ist ein unbewegliches Fest und fällt alle Jahre auf den 25. Dezember, ebenso Neujahr am 1. Januar. Man ersieht hieraus leicht, wie wichtig für unseren Kalender die Bestimmung des Vollmondes ist. Es dient dazu der sogenannte metonische Mondszirkel von 19 Jahren, der sich vorzüglich dadurch empfiehlt, daß die Voll- und Neumonde beiläufig auf dieselben Tage des Sonnenjahres, wie vor 19 Jahren, fallen. Das erste Jahr dieser Mondsperiode ist dasjenige, wo der Neumond

am ersten Januar einfällt, und die Zahl, welche das Jahr, vom Anfang des Zirkels an gezählt, bezeichnet, heißt die goldne Zahl, weil die Griechen, als im J. 433 v. Chr. Meton ihnen bei den olympischen Spielen dieselbe vorschlug, aus Freude darüber befahlen, sie in Gold einzutragen. Die goldene Zahl zeigt an, das wievielte Jahr des Zirkels das laufende ist. Im Jahre 1 v. Chr. war die goldene Zahl 1, ebenso im J. 1843, wo der Neumond auf den ersten Januar fiel. Addirt man diese 1 zu der bestimmten Jahreszahl und dividirt sie dann durch 19, so zeigt der Quotient an, im wievielsten Zirkel seit dem ersten Jahre nach Christus wir stehen, und der Rest, im wievielsten Jahre des gegenwärtigen Zirkels, z. B. $1845 + 1 = 1846$; $\frac{1846}{19} = 97$; Rest $= 3$. 97 Zirkel sind abgeschlossen, wir leben im 3ten Jahre des achtundneunzigsten Zirkels und die goldene Zahl ist 3 desselben Zirkels. Im J. 1900 ist die goldene Zahl 1 des 100sten Zirkels. Von einem astronomisch genauen Zutreffen der Neumonde auf die durch diesen Zirkel bestimmten Tage kann natürlich nicht die Rede sein, und man hat gefunden, daß sie sich nach 300 Jahren um 1 Tag von den durch die goldene Zahl gefundenen entfernen. Die Neumonde fallen aber nicht alle Jahre auf dieselben Tage, weil das Mondsjahr um 11 Tage kürzer ist als das Sonnenjahr, der Neumond somit jährlich um 11 Tage rückwärts fällt. Wenn daher 1843 der erste Neumond auf den 1. Januar fiel, so mußte der letzte 11. Tage vor Ende des Jahres auf den 20. Dezember fallen. Am 1. Januar 1844 waren also 11 Tage seit dem letzten Neumond verflossen. Dies sind die Epakten, d. h. die Zahl der Tage, um welche der Neumond vor den 1sten Januar eines jeden Jahres fällt, und die uns das sogenannte Mondsalter angeben. Im Jahr 1844 fiel also der letzte Neumond 11 Tage früher als 1843, also am 9. Dezember. Die Epakte von 1845 ist 22. Für das Jahr 1846 wäre sie $22 + 11 = 33$; man zählt aber nur bis 30, weil der synodische Monat ungefähr 29½ Tage hat, und gibt dann den Ueberschuß an. Nach der Epakte wird der Ostervollmond bestimmt. Mit derselben goldenen Zahl kehren nun natürlich dieselben Epakten wieder, mithin dieselben Monatstage für die Vollmonde, aber keineswegs für die Sonntage. Die Sonntage gehen nämlich jährlich um 1 Tag zurück, weil $\frac{365}{7}$ Rest 1 gibt. Alle Feste auf Monatstage rücken daher jährlich um 1, in Schaltjahren um 2 Tage weiter. Die Sonntage müßten alle 7 Jahre wiederkehren, allein wegen der Schaltjahre geschieht dieses erst in 28 Jahren, einer Periode, die der Sonnenzirkel heißt, und nach dessen Verlauf die Wochentage wieder auf dieselben Monatstage treffen. Neun Jahre v. Chr. fällt der Anfang eines Sonnenzirkels; addirt man die 9 Jahre zu einer gegebenen Jahreszahl, dividirt die Summe durch 28, so zeigt der Quotient, wie viele Zirkel seit 9 Jah-

ren v. Chr. verflossen sind, der Rest, in welchem Jahre des laufenden Zirkels wir stehen; z. B. für das Jahr 1845 + 9 = 1854; $\frac{1854}{28} = 66$, Rest 6; 1845 ist also das 6te Jahr des 66sten Sonnenzirkels. — Die sieben Wochentage bezeichnet man mit den Buchstaben A bis G; der Neujahrstag erhält jedesmal A. Der Buchstabe, welcher auf den ersten Sonntag, mithin auf alle Sonntage des Jahres fällt, heißt der Sonntagsbuchstabe. Dieselben Jahre des Sonnenzirkels haben dieselben Sonntagsbuchstaben. Im Jahr 1845 fiel Neujahr auf Mittwoch, somit ist E der Sonntagsbuchstabe. Folgende Tabelle, die von 1801 bis 1899 gilt, gibt Anleitung, an welchen Tagen wir in einem gewissen Jahre Sonntag haben.

1 ED	5 GF	9 BA	13 DE	17 FE	21 AG	25 CB
2 C	6 E	10 G	14 B	18 D	22 F	26 A
3 B	7 D	11 F	15 A	19 C	23 E	27 G
4 A	8 C	12 E	16 G	20 B	24 D	28 F

Hat man berechnet, das wievielste Jahr eines Sonnenzirkels ein gegebenes Jahr ist, so findet man in der Tabelle neben der Zahl den Sonntagsbuchstaben; Schaltjahre haben zwei Sonntagsbuchstaben, weil der eingeschaltete Tag den Buchstaben des vorangehenden Tages erhält, weshalb es den darauf folgenden Sonntag einen anderen Buchstaben treffen muß. Das Jahr 1845 ist das 6te Jahr des 66. Sonnenzirkels; E ist nach der Tabelle der Sonntagsbuchstabe. Will man nun ferner wissen, auf welche Tage in diesem Jahre die Sonntage fallen, so verfertige man eine Tabelle für alle Monate des Jahres, worin die Monatstage einfach durch Zahlen bezeichnet sind, setze neben den 1. Januar A, neben den zweiten B u. s. w. durch alle Monate hindurch, so wird allemal im Jahr 1845 auf diejenigen Tage, neben welchen E zu stehen kommt, der Sonntag fallen. Zur Berechnung des Ostertages dient folgende Epaktentabelle:

1. 0.

2. XI	3. XXII	4. III	5. XIV	6. XXV	7. VI
8. XVII	9. XXVIII	10. IX	11. XX	12. I	13. XII
14. XXIII	15. IV	16. XV	17. XXVI	18. VII	19. XVIII

Diese Tabelle zeigt uns die Epakte für ein bestimmtes Jahr, für welches zuvor die goldene Zahl berechnet worden ist. Die goldene Zahl für 1845 ist 3, in der Tabelle steht neben 3 die Zahl XXII, welches die Epakte von 1845 ist; es fällt also der erste Neumond dieses Jahres auf den 7. Januar, der zweite auf den 6. Februar, der dritte auf den 8. März, und 14 Tage später, den 22. März, ist der erste Vollmond nach der Frühlingsnachtgleiche, der 23. März also Ostern. Im Jahr 1843 war die goldene Zahl 1; neben 1 steht 0 und zeigt an, daß in diesem Jahr der Mond kein Alter hat, also auf den

Neujahrstag Neumond fällt. Es ist aber zu bemerken, daß der Neumond, folglich auch der Vollmond, bald früher, bald später fällt, was man wissen muß, um den Ostertag richtig zu berechnen. Folgende Ostermondstabelle gibt eine leichte Anleitung zu dieser Berechnung. Neben 0 steht allemal 13. April E.

I. 12 Apr. D	II. 11 Apr. C	III. 10 Apr. B	IV. 9 Apr. A
V. 8 Apr. G	VI. 7 Apr. F	VII. 6 Apr. E	VIII. 5 Apr. D
IX. 4 Apr. C	X. 3 Apr. B	XI. 2 Apr. A	XII. 1 Apr. G
XIII. 31 Mrz. F	XIV. 30 Mrz. E	XV. 29 Mrz. D	XVI. 28 Mrz. C
XVII. 27 Mrz. B	XVIII. 26 Mrz. A	XIX. 25 Mrz. G	XX. 24 Mrz. F
XXI. 23 Mrz. E	XXII. 22 Mrz. D	XXIII. 21 Mrz. C	XXIV, XXV } 18 Apr. C
XXVI. 17 Apr. B	XXVII. 16 Apr. A	XXVIII. 15 Apr. G	XXIX. 14 Apr. F.

Kennt man die Epakte eines gewissen Jahres, so zeigt diese Tabelle, auf welchen Monatstag der Ostermond fällt, und zählt man von demjenigen Buchstaben, welcher dabei steht, bis auf den Sonntagsbuchstaben des Jahres, so hat man den wahren Ostertag. Die Epakte für das Jahr 1845 ist, nach der vorigen Tabelle XXII; neben dieser Zahl steht in der Ostermondstabelle 22. März D; der Sonntagsbuchstabe des Jahres 1845 ist E, zählt man von D bis E, so hat man den 23. März, auf welchen Tag der Ostertag wirklich gefallen ist. Bei Schaltjahren, die zwei Sonntagsbuchstaben haben, kommt es nur auf den letzten Buchstaben an, um den wahren Ostertag zu finden. — Es ist nun nicht schwer, nach Anleitung dieses § und mit Hülfe dieser Tabellen für jedes Jahr bis 1899 sich einen Kalender selbst zu verfertigen.

VIII.

Das Planetensystem der Sonne.

§ 35. Wir haben im Bisherigen die Erde in ihrer kosmischen Beziehung zur Sonne und zum Monde betrachtet und die Gesetze und Kräfte kennen gelernt, die ihre Bewegungen leiten und regeln. Unsere Kenntniß von der Erde, als Planet, würde aber mangelhaft sein, wenn wir nicht auch, wenigstens im Umriß, das System betrachteten, von dem sie ein Theil ist, d. i. den inneren Zusammenhang zwischen der Sonne und der gesammten geballten Materie, die ihrer Kraft gehorcht; zudem erkennt man bei der Betrachtung einer ganzen großen Gruppe von Himmelskörpern erst recht klar und deutlich das Walten großer und einfacher Gesetze.

Der Zentralkörper unsers Planetensystems ist die Sonne, alle übrigen Körper sind von ihr abhängige sekundäre Körper, zu denen in erster Linie die Planeten mit ihren Trabanten gehören, dann die Kometen und

eine unbekannte Anzahl kleiner Körper, die unter dem Namen Sternschnuppen und Feuerkugeln bekannt sind. Alle diese großen und kleinen Körper sind in Bewegung und der gemeinschaftliche Mittelpunkt ihrer Bewegungen ist derjenige Schwerpunkt, um welchen herum sie je nach ihrer relativen Stellung zu einander im Gleichgewichte sind. Es wiederholt sich hier im Großen, was wir oben § 27 im Kleinen zwischen Erde und Mond schon getroffen haben, so daß jener Punkt auch im System der Sonne noch in den Zentralkörper fällt, weil in ihm die Massen der sekundären Körper so vertheilt sind, daß eine Ausnahme nur dann eintritt, wann Jupiter und Saturn von der Sonne aus gesehen (heliozentrisch) um weniger als einen Quadranten von einander abstehen. Bei dieser Lage der beiden großen Planeten fällt der Schwerpunkt außerhalb den Sonnenkörper, ohne daß jedoch deshalb die Harmonie des Ganzen gestört würde. Die neuere Astronomie kennt genau die Stellung des Schwerpunktes zum Sonnenmittelpunkt und bezieht in ihren Rechnungen überall, wo es nöthig ist, die Bewegungen der sekundären Körper, und auch der Sonne selbst, auf diesen Schwerpunkt; wo es aber nicht auf die größte Genauigkeit ankommt, wird der Sonnenmittelpunkt selbst als jener Schwerpunkt der allgemeinen Bewegung betrachtet, und die Sonne so, als wirkte sie allein und die übrigen Körper des Systems nur so viel, daß ihre Gesammtwirkung blos kleine Unterschiede hervorbringe.

Die Planeten bewegen sich in konzentrischen Bahnen um die Sonne, jede Bahn liegt in einer bestimmten Ebene, welche durch den Zentralpunkt der Bewegung geht, in welchem sich also alle Bahnebenen schneiden. Die Planeten Merkur und Venus, deren Bahnen von derjenigen der Erde eingeschlossen werden, heißen die unteren, alle anderen die oberen Planeten. Die einfache Bewegung der Planeten um die Sonne ist ihr siderischer Umlauf, wird dieselbe aber auf die Bewegung der Erde bezogen, so erhalten wir den synodischen Umlauf derselben, welcher ihre Rückkehr zur gleichen Lage in Bezug auf die Erde und respektive die Sonne ist. Gewisse periodische Erscheinungen der Planeten, nämlich ihre Oppositionen und Konjunktionen, sowie die Phasen und Durchgänge der zwei unteren Planeten hängen von ihrem synodischen Umlauf ab. Entweder nämlich sehen wir von der Erde aus den Planet und die Sonne vor einem und demselben Zeichen des Thierkreises, so daß die Stellung der Körper PSE ist, und dann heißt es, der Planet sei mit der Sonne in Konjunktion, oder wir sehen die Sonne in einem Zeichen, das demjenigen, in welchem der Planet ist, gerade entgegengesetzt, oder von ihm 180° entfernt ist, und dann sagt man, der Planet stehe mit ihr in Opposition; die gegenseitige Stellung ist alsdann SEP. Man sieht leicht, daß die Planeten in den Oppositionen um Mitternacht im oberen Meridian erscheinen und sowol deshalb, als weil sie alsdann der Erde am

nächsten sind, am besten gesehen werden, in den Konjunktionen aber unsichtbar sind. Hieraus ergibt sich sogleich, daß, da die Erdbahn die der beiden unteren Planeten einschließt, diese sich nie mit der Sonne in Opposition befinden, wol aber werden sie in doppelter Konjunktion mit der Sonne gesehen werden können, von denen die eine die untere heißt, wenn der Planet in gerader Richtung zwischen Sonne und Erde steht, SPE, die andere aber die obere, wenn eine gerade Linie, von der Erde aus durch die Sonne zum Planeten geht, PSE. Bei der unteren Konjunktion ist uns der Planet zwar um die ganze Achse seiner Bahn näher, aber er ist uns alsdann unsichtbar, weil er uns seine von der Sonne nicht erleuchtete Seite zukehrt, gerade wie unser Trabant, wenn er zur Zeit des Neumondes zwischen Sonne und Erde steht. Aber auch in der oberen Konjunktion sehen wir ihn nicht, weil er zu jener Zeit sich in den Strahlen der Sonne verliert. Ist er auf dem Wege von der unteren zur oberen Konjunktion, so nennt man dieses seine westliche Ausweichung (Elongation), die östliche dagegen, wenn er von der oberen nach der unteren fortrückt. Nur in seinen beiden Ausweichungen ist er sichtbar, erscheint aber nie völlig rund, sondern in Lichtgestalten, wie der Mond. Ganz deutlich zeigt sich dies an der Venus, gilt auch vom Merkur, der aber, weil seine größte Ausweichung, d. i. sein größter scheinbarer Abstand von der Sonne im mittleren Durchschnitt 23, höchstens 28 Grade beträgt, in höheren Breiten schwer zu sehen ist. Auf dem inneren Kreis, Figur 25, bewegt sich die Venus in der Richtung des Pfeils um die Sonne, auf dem äußeren die Erde. Ist die Stellung beider Planeten EV′, so befindet sich die Venus in der unteren Konjunktion der Erde am nächsten, aber wir sehen nur ihre Nachtseite. Steht die Venus als Morgenstern in V^2, so erblicken wir von ihr die Hälfte der erleuchteten und die Hälfte der dunkeln Seite. In V^3 ist sie in die obere Konjunktion eingerückt und wendet uns dort ihre ganze erleuchtete Seite zu, wir würden sie völlig rund erblicken, wenn wir überhaupt so nahe an der Sonne vorbei einen Himmelskörper zu sehen vermöchten. Ist sie endlich aus der oberen Konjunktion nach V^4 gerückt, so ist sie Abendstern, und wir sehen sie abermals wieder, und zwar wie den Mond im ersten Viertel, halb erleuchtet. In den Lagen zwischen 4 und 1 und 1 und 2 zeigt sich die Venus weniger als halb, zwischen 2 und 3 und 3 und 4 mehr als halb erleuchtet. Um Mitternacht kann sie bei uns nie gesehen werden, wol aber in hohen Breiten, auch ist sie nie zugleich Morgen- und Abendstern. Das eben Gesagte kann von keinem der oberen Planeten gelten, weil sie unter keinen Umständen zwischen Sonne und Erde zu stehen kommen können.

Aber nicht nur Lichtphasen zeigen uns Merkur und Venus, wie der Mond, sie können auch, wie dieser, vor die Sonne treten. Man sieht leicht, daß dies nur in ihrer unteren Konjunktion möglich ist. Tritt dieser Fall bei

dem einen oder anderen von ihnen ein, so sieht man ihn als einen kleinen, schwarzen, runden Fleck vor der Sonnenscheibe vorüberziehen. Dies müßte bei jeder unteren Konjunktion eintreffen, wenn ihre Bahnen in der Ebene der Ekliptik lägen; da sie dieselbe aber schneiden, so wird der erwähnte Fall nur alsdann Statt finden, wenn ihre untere Konjunktion mit ihrem Durchgang durch einen der beiden Knoten, oder gleich vor und nach demselben zusammentrifft, und beide Planeten alsdann eine von der Erde aus gesehene (geozentrische) Breite haben, die nicht größer als der Sonnenhalbmesser ist. Da der Merkur eine kürzere Umlaufszeit hat als die Venus, so werden seine Durchgänge durch die Sonne häufiger vorkommen als die der Venus, aber immer nur dann, wenn er in seiner unteren Konjunktion nicht über 3½° von seinem aufsteigenden oder absteigenden Knoten entfernt ist. Für den aufsteigenden Knoten findet sein Durchgang immer im Mai, für den niedersteigenden im November Statt, und der nächste wird erfolgen am 9. Nov. 1848. Am 8. Juni 1588 und am 17. Mai 1737 bedeckte die Venus den Merkur, woraus sich ergibt, daß die Venusbahn die des Merkur einschließt, selbst aber von der Erde eingeschlossen wird. Ein Durchgang der Venus durch die Sonne ereignet sich immer nur im Juni für den aufsteigenden und im Dezember für den niedersteigenden Knoten, und kommt nur dann vor, wenn sie von der Sonne aus gesehen (heliozentrisch) in ihrer unteren Konjunktion nicht über 1°,49 von ihrem nächsten Knoten entfernt ist. Ist ein Durchgang erfolgt, so tritt fast immer nach beinahe 8 Jahren ein zweiter ein, dann aber ein dritter erst nach 235 Jahren in demselben Knoten, obwol in dem anderen auch ein Durchgang erfolgt. Der nächste Durchgang der Venus wird am 9. Dezember 1874 erfolgen.

Außer der siderischen und synodischen Umlaufszeit der Planeten unterscheidet man noch deren tropische (periodische), die sich auf den Frühlingspunkt bezieht. Sie legt keine volle 360° zurück, weil durch die Präzession das Aequinoktium jährlich um 50″,233 von Osten nach Westen gerückt wird. Der Unterschied beträgt bei der Venus 0,0053, bei der Erde 0,0142, bei Mars 0,0499, bei'm Uranus schon 99,355 Tage.

§ 36. Die Bahnen der Planeten sind zwar konzentrisch, aber keine Bahnebene fällt mit einer anderen ganz in dieselbe Ebene. Gewöhnlich betrachtet man die Ebene der Erdbahn als Grundebene und bezieht die übrigen Bahnebenen auf sie. Da außer der Erde kein anderer Planet in dieser Ebene läuft, so befindet sich jeder mit einem Theile seiner Bahn nördlich, mit einem anderen südlich der Erdbahn, und der Punkt, wo er aus der südlichen Lage in die nördliche übergeht, ist sein aufsteigender, der andere der niedersteigende Knoten, der vom ersteren stets um 180° entfernt ist. Je zwei Bahnebenen haben daher nicht nur den Zentralpunkt, sondern auch die Knotenlinie mit einander gemein, und ihre gegenseitige Lage ist be-

stimmt, wenn man die Richtung dieser Linie und den Winkel, den beide Ebenen an derselben einschließen (die Neigung) angibt. Man sieht, daß Knoten und Neigung zwei nothwendige Bestimmungsstücke (Elemente) der Planetenbewegungen sind, die, weil mit der Veränderung der einen nicht nothwendig eine Veränderung der anderen verbunden ist, von einander unabhängig sind. Außerdem wird man aber noch die Umlaufszeit (Periode), den Abstand von der Sonne und den Ort, den ein Planet in irgend einer als Anfangspunkt der Berechnung gesetzten Epoche eingenommen hat, zu bestimmen haben. Diese fünf Elemente enthalten die Grundbestimmungen, aus welchen alles Andere abgeleitet werden könnte, wenn die Bahnen kreisförmig wären. Sie reduziren sich überdies auf vier, weil die Umlaufszeit vom Abstand abhängt. Allein die Bahnen der Planeten (und Kometen) sind Ellipsen, und so kommen zu obigen vier Elementen noch zwei, nämlich die Richtung der großen Achse, welche Länge*) des Perihels heißt, und der Abstand des Brennpunktes vom Mittelpunkt der Bahn, also die Exzentrizität. Jede Bahn eines Planeten oder Kometen hat demnach sechs Elemente, an denen man sie erkennen und von allen anderen unterscheiden kann. **)

Die Planeten heißen, von der Sonne an bis zur äußersten jetzt bekannten Planetenbahn gezählt, Merkur, Venus, Erde mit ihrem Mond, Mars, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, Jupiter mit 4 Monden, Saturn mit einem Doppelring und 7, und Uranus sicher mit 3, vielleicht mit 6 Monden. Ihre Abstände von der Sonne folgen sich in nachstehender Prozession, wie sie von Einigen angenommen worden ist:

1. Merkur	ungefähr		8 Mill. Meilen	
2. Venus	"	1.6 + 8 =	14 Mill. Meilen	
3. Erde	"	2.6 + 8 =	20	" "
4. Mars	"	4.6 + 8 =	32	" "
8. Asteroiden	"	8.6 + 8 =	56	" "
9. Jupiter	"	16.6 + 8 =	104	" "
10. Saturn	"	32.6 + 8 =	200	" "
11. Uranus	"	64.6 + 8 =	392	" "

*) In der Astronomie versteht man unter Länge ein vom Frühlingsäquinoktium, als dem Anfangspunkte, gezählter Bogen der Ekliptik, unter Breite gleichfalls einen Bogen, rechtwinklicht zum ersteren, und also den Winkelabstand von der Ekliptik bezeichnend.

**) Die elliptische Bahn der Planeten ist sehr verschieden von derjenigen der Kometen. Wenn die Planetenbahnen in richtigem Verhältniß gezeichnet sind, so wird auch ein geübtes Auge kaum bei zweien oder dreien ohne Messung den Unterschied zwischen der großen und kleinen Achse wahrnehmen. Am meisten exzentrisch ist die Bahn der Juno, sie beträgt aber nur 1/33, bei der Erde 1/7000, bei der Venus, wo er am geringsten ist, 1/43000 des Durchmessers der Bahn.

Von diesen 11 Hauptplaneten ist Vesta den 29. März 1807 von Olbers, Juno den 1. Sept. 1804 von Harding, Ceres den 1. Januar 1801 von Piazzi, Pallas den 28. März 1802 von Olbers und Uranus den 13. März 1781 von Herschel, dem Vater, entdeckt worden. Es ist möglich und sogar wahrscheinlich, daß noch mehr Planeten zu unserem Sonnensystem gehören, indem obige geometrische Progression noch sehr bedeutende Differenzen darbietet, die bei den entfernteren Planeten zu wachsen scheinen. Für neue Planeten sind noch 3 Räume übrig, nämlich innerhalb der Merkursbahn, zwischen der Mars- und Jupitersbahn in der Region der Asteroiden, und jenseits der Uranusbahn. Ein neuer Planet innerhalb der Merkursbahn würde wahrscheinlich nicht sichtbar sein, da der Merkur selbst schwer und selten gesehen wird; entdeckt könnte er nur bei einem Durchgang vor der Sonnenscheibe werden. In der Region der Asteroiden könnten jedenfalls im Vergleich zu den älteren Planeten nur sehr kleine Körper vorhanden sein, indem man größere Körper längst wahrgenommen hätte. Die Existenz noch mehrerer Planeten jenseits des Uranus ist schon deshalb wahrscheinlich, weil sich das Gebiet der Sonne noch wenigstens 40 Mal weiter erstreckt, und sie wird mehr als wahrscheinlich, insofern die Störungen, welche die Elemente des Uranus erleiden, von einem jenseits seiner Bahn kreisenden Planeten herrühren. Da der Uranus noch lange nicht an der äußersten Grenze der Sichtbarkeit steht, so wird wol mit Hülfe eines Fernrohrs, das diesen Entfernungen gewachsen ist, entschieden werden können, ob der supponirte Planet jenseits des Uranus vorhanden sei oder nicht.

Wir haben im Bisherigen die Bewegungen der Planeten und die Elemente, von denen diese Bewegungen abhängen, im Allgemeinen kennen gelernt; eine tabellarische Zusammenstellung der Elemente unsers Planetensystems wird der leichteren Uebersichtlichkeit förderlich sein. Das astronomische Maß für die Planetenbahnen ist der mittlere Abstand der Erde von der Sonne, oder eine Linie von 20.690000 Meilen, welchen Raum das Licht, wie wir wissen, in 8 Minuten und 18 Sekunden durchläuft. Ein geringeres Maß zu wählen, etwa Meilen, würde zu sehr großen Zahlen führen, oder man müßte sich mit runden Millionen begnügen. Aber ein noch wichtigerer Vortheil wird durch die Wahl dieser Einheit erlangt: alle Zahlen in gut bestimmten Bahnen werden dadurch zu genauen Verhältnißzahlen und partizipiren in dieser Form nicht an der Ungewißheit, welche in der Meilenzahl liegt und die auch jetzt noch gegen 80000 Meilen beträgt.

I. Mittlere Entfernungen von der Sonne in Theilen des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne.

Merkur	. .	0,3870938
Venus	. .	0,7233317

Erde . .	1,0000000
Mars . .	1,5236910
Vesta . .	2,36148
Juno . .	2,66946
Ceres . .	2,77091
Pallas . .	2,77263
Jupiter . .	5,202767
Saturn . .	9,538850
Uranus . .	19,182390

Der Schluß von der Zunahme der Umlaufszeiten auf die Zunahme der Bahnen ist nicht streng richtig, denn die Zeit eines Umlaufs kann auch vom Grad der Geschwindigkeit abhangen, mit welcher sich der Planet auf seiner Bahn bewegt. Für die Zunahme der Bahnen der oberen Planeten haben wir historische Belege; so sah man, wie 1591 Mars den Jupiter, und 1563 Jupiter den Saturn bedeckte.

II. Umlaufszeiten, in mittleren Sonnentagen ausgedrückt.

	Siderische	Tropische	Synodische.
	t	t	t
Merkur . .	87,96928	87,96846	115,88
Venus . .	224,70078	224,69543	583,92
Erde . .	365,25637	365,24222	— —
Mars . .	686,97964	686,92971	779,98
Vesta . .	1325,484	1325,298	504,21
Juno . .	1593,067	1592,797	473,92
Ceres . .	1684,735	1684,434	466,38
Pallas . .	1686,305	1686,003	466,26
Jupiter . .	4332,58480	4330,59317	398,90
Saturn . .	10759,21981	10746,93761	378,10
Uranus . .	30686,82055	30586,90839	369,67

Die tropischen und synodischen Umlaufszeiten der Planeten sind mit der Folge der Jahrhunderte etwas veränderlich, aber so ungemein wenig, daß man diese Aenderungen während einer längeren Zeit ohne Nachtheil unberücksichtigt lassen kann. Die nun folgenden, ebenfalls veränderlichen Elemente der Tafeln III bis VII gelten bei den 6 älteren Planeten für das Jahr 1800 den 1. Januar um 0 Uhr mittlerer Zeit in Paris, bei den 4 neuen aber für 1831 den 23. Juli 0 Uhr mittlerer Zeit in Berlin.

III. Mittlere Längen oder Epochen der Planeten.

Merkur . .	112	16′	4″,8
Venus . .	146	44	55 ,8

Erde	. .	100	53′	29″,9	
Mars	. .	233	5	33	,9
Vesta	. .	84	47	3	,2
Juno	. .	74	39	43	,6
Ceres	. .	307	3	25	,6
Pallas	. .	290	38	11	,8
Jupiter	. .	81	54	48	,6
Saturn	. .	123	6	29	,3
Uranus	. .	173	30	37	,2

In der folgenden Tafel deuten die Zeichen + und — jenes eine Vermehrung, dieses eine Abnahme der Exzentrizität an. So wird die Exzentrizität der Erdbahn im Jahr 1900 gleich 0,016749 sein, wie sie im Jahre 1700 gleich 0,016835 war. Bei den 4 neuen Planeten ist die Exzentrizität noch nicht genau bekannt. Die Zahlen dieser Tafel setzen die halbe große Achse einer jeden Planetenbahn als Einheit voraus, oder sie geben das Verhältniß der Exzentrizität (d. h. die Distanz des Mittelpunktes der Ellipse von jedem ihrer Brennpunkte) zu der halben großen Achse der einzelnen Bahnen. Multiplizirt man die Zahlen dieser Tafel durch die Zahlen der Tafel I, so erhält man zum Produkte diese Distanz des Mittelpunktes der Ellipse von dem Brennpunkte, in Theilen der halben großen Achse der Erdbahn ausgedrückt, und daher auch in geographischen Meilen, wenn man das letzte Produkt wieder mit 20,690000 multiplizirt.

IV. Verhältniß der Exzentrizitäten der Planetenbahnen zu ihren halben großen Achsen.

		Exzentrizität für 1800.	Sekuläre Aenderung.
Merkur	. .	0,205616	+ 0,0000038
Venus	. .	0,006862	— 0,0001088
Erde	. .	0,016792	— 0,0000430
Mars	. .	0,093217	+ 0,0000900
Vesta	. .	0,08856	— —
Juno	. .	0,25556	— —
Ceres	. .	0,07674	— —
Pallas	. .	0,24200	— —
Jupiter	. .	0,048162	+ 0,0001535
Saturn	. .	0,056150	— 0,0003100
Uranus	. .	0,046611	— 0,0000260

V. Länge des Periheliums der Planetenbahnen.

	Perihelien.	Sekuläre Aenderung siderisch	Sekuläre Aenderung tropisch
Merkur	74° 20′ 5″,8	5,81″	56,03″
Venus	123 43 6 ,0	— 3,24	46,98
Erde	99 30 28 ,6	11,25	61,47
Mars	332 22 51 ,2	15,46	65,68
Vesta	249 11 37 ,0	—	—
Juno	54 17 12 ,3	—	—
Ceres	147 41 23 ,5	—	—
Pallas	121 5 0 ,3	—	—
Jupiter	11 7 38 ,0	6,65	56,87
Saturn	89 8 20 ,0	19,31	69,53
Uranus	167 30 24 ,0	2,28	52,50

VI. Länge des aufsteigenden Knotens der Bahnen in der Ekliptik.

				Sekuläre Aenderung siderische	Sekuläre Aenderung tropische
Merkur	45°	57′	9″	— 10,07	42′15″
Venus	74	51	41	— 20,50	29,72
Erde	—	—	—	—	—
Mars	47	59	38	— 25,22	25,00
Vesta	103	20	28	—	
Juno	170	52	34	—	
Ceres	80	53	50	—	
Pallas	172	38	30	—	
Jupiter	98	25	45	— 15,90	34,32
Saturn	111	56	7	— 19,54	30,68
Uranus	72	59	21	— 36,05	14,17

Das Zeichen — bei der Venus, Tafel V, zeigt an, daß das Perihel der Venusbahn siderisch rückwärts oder von Ost gen West geht.

Das Zeichen —, Tafel VI, bedeutet eine rückgängige oder westliche Bewegung der Knoten. Ebenso bedeutet dasselbe Zeichen in der folgenden Tafel eine Abnahme oder Verminderung der Neigung.

VII. Neigungen der Bahnen gegen die Ekliptik.

				Sekuläre Aenderung.
Merkur . .	7°	0′	5″,9	+ 18″,4
Venus . .	3	23	28 ,5	+ 7 ,2
Erde . .	—	—	—	—
Mars . .	1	51	6 ,2	— 1 ,3
Vesta . .	7	7	37 ,3	—
Juno . .	13	2	10 ,0	—
Ceres . .	10	36	55 ,7	—
Pallas . .	34	35	49 ,1	—
Jupiter . .	1	18	51 ,6	— 23 ,0
Saturn . .	2	29	35 ,9	— 15 ,0
Uranus . .	0	46	28 ,0	—

§ 37. Man hat die 11 Hauptplaneten in drei Gruppen eingetheilt, weil man gefunden hat, daß einzelne, in zusammengehörigen Räumen kreisende Planeten manches Gemeinsame haben, während die Gruppen selber auffallende Kontraste gegen einander darbieten. Zu der ersten Gruppe zählt man die 4 sonnennahen (helischen) inneren Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars, die man auch, weil unter ihnen die Erde der Hauptkörper ist, die tellurischen nennt. Sie bewegen sich in immer größeren, einander einschließenden Bahnen in einem relativ beschränkten Gebiete des Sonnensystems, und ihre gemeinsamen Eigenschaften sind folgende: eine mäßige Größe, größere Dichtigkeit als die der Sonne, eine beinahe gleich lang dauernde Rotation, eine Neigung der Rotationsachse zur Bahn von mehr als 20°, eine die Geschwindigkeit der Rotation um etwa 60 Mal übertreffende Bahnbewegung, eine mäßige Abplattung, gebirgige Oberfläche und Atmosphäre, auch sind sie, bis auf die Erde, mondlos. Zu der zweiten Gruppe gehören die neuen Planeten Vesta, Juno, Ceres und Pallas, die zu Anfang unsers Jahrhunderts entdeckt wurden, und zum Theil die Lücke zwischen Mars und Jupiter, welche den Astronomen längst aufgefallen war, ausfüllen. Vielleicht daß sie die Trümmer eines größeren, aus einander getriebenen Planeten sind. Herrschel gab ihnen den Namen Asteroiden; ihre übereinstimmenden Eigenschaften sind: eine bedeutend geringere Größe als die der älteren Planeten, stark gedehnte, in einander verschlungene Bahnen, die, wären sie aus Metall, nicht aus einander genommen werden könnten, eine bedeutende Neigung der Bahn gegen die Ekliptik, Umlaufszeiten, die gerade um die Dauer eines Mondjahres differiren. Die dritte Gruppe umfaßt die uranischen, oder sonnenfernen Planeten Jupiter, Saturn und Uranus, die mächtig größer sind als die übrigen Planeten, indem der Uranus den größten unter den kleineren

Planeten, die Erde, über 80 Mal, der Saturn (ohne den Ring) etwa 908 Mal und der Jupiter 1300 — 1400 Mal an Größe übertrifft. Sie sind ferner etwa fünfmal weniger dicht als die Sonne, mehr als zweimal schneller in ihrer Umdrehungszeit um ihre Achse als die sonnennahen Planeten und verzögern dabei die fortrückende Bewegung, so daß die Geschwindigkeiten der Rotation und Revolution einander nahe gleich kommen. Endlich haben sie eine starke Abplattung, welche mit der Rotation in nothwendigem Zusammenhange steht, sind sehr mondreich und zeigen eine nur geringe Abweichung ihrer Bahn von der Ebene des Sonnenäquators.

Die Uebereinstimmung dieser Gruppen in gewissen sie bezeichnenden Eigenschaften läßt sich aber nicht mit gleichem Rechte auf die einzelnen Planeten jeder Gruppe anwenden. „Der sonnenferne Mars, sagt Humboldt, ist kleiner als die Erde und die Venus, ja unter allen längst bekannten, größeren Planeten dem sonnenahen Merkur im Durchmesser am nächsten; Saturn ist kleiner als Jupiter und doch viel größer als Uranus. Die Zone der im Volum so unbedeutenden, teleskopischen Planeten liegt in einer Abstandsreihe, die von der Sonne anhebt, unmittelbar vor Jupiter, dem mächtigsten aller planetarischen Weltkörper; und doch haben mehrere dieser kleinen Asteroiden, deren Scheiben wenig meßbar sind, kaum die Hälfte mehr Oberfläche als Frankreich, Madagascar oder Borneo. So auffallend auch die äußerst geringe Dichtigkeit aller der kolossalen Planeten ist, welche der Sonne am fernsten liegen, so läßt sich auch hier keine regelmäßige Folge erkennen. Uranus scheint wieder dichter als Saturn zu sein; und troß der unbeträchtlichen Dichtigkeitsverschiedenheit der innersten Planetengruppe finden wir doch, zu beiden Seiten der Erde, Venus und Mars undichter als sie selbst. Die Rotationszeit nimmt im Ganzen freilich in der Sonnenferne ab, doch ist sie im Mars größer als bei der Erde, im Saturn größer als im Jupiter. Die stärkste Exzentrizität unter allen Planeten haben die elliptischen Bahnen der Juno, der Pallas und des Merkur, die kleinste Venus und die Erde, zwei unmittelbar auf einander folgende Planeten; Merkur und Venus bieten sonach dieselben Kontraste dar, als man in den vier, in ihren Bahnen eng verschlungenen Asteroiden bemerkt. Die unter sich sehr gleichen Exzentrizitäten der Juno und Pallas sind jede dreimal stärker als die der Ceres und Vesta. Ebenso ist es mit der Neigung der Planetenbahnen gegen die Ebene der Ekliptik und mit der Stellung der Umdrehungsachsen auf ihren Bahnen, einer Stellung, von welcher mehr noch als von der Exzentrizität die Verhältnisse des Klimas, der Jahreszeiten und der Tageslängen abhangen. Die Planeten, welche die gedehnteste elliptische Bahn zeigen, Juno, Pallas und Merkur, haben auch, aber nicht in demselben Verhältniß, die stärksten Neigungen der Bahnen gegen die Ekliptik. Die der Pallas ist kometenartig, fast 26 Mal größer als die Neigung des Jupiter, während daß die kleine

Vesta, die der Pallas so nahe ist, den Neigungswinkel der Jupitersbahn kaum sechsmal übertrifft. Die Achsenstellungen der wenigen (4 bis 5) Planeten, deren Rotationsebene wir mit einiger Gewißheit kennen, bieten ebenfalls keine regelmäßige Reihenfolge dar. Nach der Lage der Uranustrabanten zu urtheilen, ist die Achse des äußersten aller bekannten Planeten vielleicht kaum 11° gegen seine Bahn geneigt; und Saturn befindet sich mitten zwischen Jupiter, dessen Rotationsachse fast senkrecht steht, und dem Uranus, in welchem die Achse fast mit der Bahn zusammenfällt."

Es offenbart sich also bei den einzelnen Planeten keine, auf innere Nothwendigkeit gestützte, allseitige Stufenfolge nach einander, kein allgemeines Naturgesetz, „wie das schöne Gesetz, das die Quadrate der Umlaufszeiten an die Würfel der großen Achse bindet; es sind Thatsachen der Natur, hervorgegangen aus dem Konflikte vielfacher, einst unter unbekannten Bedingungen wirkender Kräfte. Zufällig aber erscheint dem Menschen in der Planetenbildung, was er nicht genetisch zu erklären vermag."

Die drei oben aufgeführten Gruppen vom Planeten haben wir nicht als eben so viele Arten von Planeten zu betrachten, es sind der Ueberschaulichkeit zulieb gemachte Versuche, die im Einzelnen ausgesprochenen größeren oder kleineren Analogien in Klassen zu ordnen, ohne daß dadurch die einzelnen Planeten aufhören würden, wirkliche Individuen zu sein.

§ 38. Um vier von den 11 Hauptplaneten kreisen gewiß 14, wenn nicht gar 18 Nebenplaneten, Satelliten oder Trabanten, die von dem unsrigen auch den Namen Monde führen. Wie die Sonne für die Hauptplaneten der Zentralkörper ist, so ist es jeder Hauptplanet wieder für seine Monde, so daß ein solches Partialsystem ein Bild des Planetensystems im Kleinen darstellt. Außer dem kleineren Systeme der Erde und ihres Mondes ist das des Jupiter mit seinen 4 Monden am besten gekannt. „Die Millionen von Meilen sind hier durch tausende, die Jahre durch Tage repräsentirt, der Zentralkörper ebenfalls durch einen tausendmal kleineren, und in den Perioden der wechselseitigen Störungen, welche sie auf einander ausüben, nehmen Jahrzehende die Stelle von Myriaden Jahren im Planetensystem ein. Von den großen und langsamen Veränderungen, welche in letzterem vorgehen, belehrt uns bis jetzt ausschließlich die Theorie, denn das Menschengeschlecht beobachtet den Himmel noch nicht lange genug, um sie direkt wahrzunehmen. Sie würden jeder praktischen Gewähr entbehren, zeigten sie sich nicht im Jupitersystem in ganz gleicher Art, aber in tausendmal kürzeren Perioden. Die Bedingungen des Gleichgewichts und der Stabilität können im Jupitersystem am besten studirt werden, und die kühnen Aeonen umfassenden Schlüsse des Analysten sind auch selbst in Beziehung auf die Jetztwelt keine Spekulation mehr, denn hier finden sie ihre volle Anwendung."

Die inneren Planeten, diesseits der Bahnen der Asteroiden, sowie diese

selbst, sind alle, bis auf die Erde, mondlos; dagegen sind die drei äußersten Planeten sehr reich an Monden. Jupiter hat 4, Saturn außer einem Doppelring (vielleicht verschmolzene, unentwickelte Trabanten) hat 7 und Uranus sicher 3, wenn nicht 6 Trabanten. Es dürfte wol nicht zufällig sein, daß diese drei mondenreichen Planeten zugleich die sehr abgeplatteten und umschwungsschnellsten sind. Sehen wir auf das Verhältniß der Größe zwischen dem Haupt- und dem sekundären Körper, so findet sich, daß der Durchmesser des Erdmondes den vierten Theil des Erddurchmessers ausmacht, während der größte der Jupiterstrabanten, der dritte, dem Durchmesser nach nur $^1/_{26}$ seines Hauptplaneten beträgt. Während ferner die Dichtigkeit des Erdtrabanten $^5/_9$ geringer als die der Erde selbst ist, so ist der kleinste der Jupitersmonde, der zweite, etwas dichter als Jupiter und überhaupt der dichteste aller Trabanten.

Der absolute Abstand eines Mondes von seinem Hauptplaneten ist am größten in dem äußersten oder siebenten Saturnstrabanten. Seine Entfernung von Saturn beträgt zehnmal so viel, als die Entfernung des Mondes von der Erde. Bei'm Jupiter ist der Abstand des äußersten oder vierten Trabanten 260000 Meilen, bei'm Uranus aber, falls der sechste Trabant wirklich vorhanden ist, erreicht er 340000 Meilen. Wenn man nicht die absoluten Entfernungen, sondern die Halbmesser der Hauptplaneten zum Maße anwendet, so findet man, daß der erste oder nächste Jupitersmond, welcher dem Zentrum des Planeten 6500 Meilen ferner als der Mond der Erde liegt, von dem Zentrum seines Hauptplaneten nur um 6 Jupitershalbmesser absteht, während der Erdmond volle $60^1/_9$ Erdhalbmesser von uns entfernt ist.

Was die Bewegung der Trabanten betrifft, so geschieht die der 12 Monde des Jupiter, Saturn und der Erde im Sinne der Hauptplaneten, nämlich von Westen nach Osten in elliptischen Bahnen, deren Exzentrizität gering und deren Neigung gegen die Ekliptik nicht bedeutend ist. Ganz im Gegensatz damit finden wir an der äußersten bekannten Grenze des Planetensystems die merkwürdige Erscheinung, daß die Bahnen der beiden sicheren Trabanten des Uranus nahe senkrecht auf der Bahn ihrer Hauptplaneten sind, daß sich somit diese Trabanten eigentlich schon rückläufig von Osten nach Westen bewegen. „Wenn, wie angenommen wird, Haupt- und Nebenplaneten sich durch Zusammenziehung der alten Sonnen- und Planetenatmosphäre aus rotirenden Dunstringen gebildet haben, so muß in den Dunstringen, die um den Uranus kreis'ten, es sonderbare, uns unbekannte Verhältnisse der Retardation oder des Gegenstoßes gegeben haben, um genetisch eine solche der Rotation des Zentralkörpers entgegengesetzte Richtung der Umlaufsbewegung in dem zweiten und vierten Uranustrabanten hervorzurufen."

Was die Rotationsperiode der Monde betrifft, so ist wol ohne Zweifel

dieselbe bei allen, wie bei unserem Monde, der Periode des Umlaufs um ihren Hauptplaneten gleich. Bei den Trabanten des Jupiters wenigstens, dessen Masse so überwiegend groß ist, daß seine Anziehung die Rotationszeiten seiner Trabanten, wenn sie anfangs auch nur beinahe den Umlaufszeiten gleich waren, ihnen bald völlig gleich machen mußte, ist es gewiß, daß sie ihrem Hauptplaneten stets dieselbe Seite zuwenden. Es gibt also auf allen Monden Seiten, welche nie den Hauptplaneten sehen, andere, welche ihn stets erblicken, und Randzonen, welche in Folge von Schwankungen (einer Libration, wie bei unserem Monde) sowol in Länge als Breite die Hauptplaneten periodenweise an ihrem Horizonte emportreten sehen. „Diese kosmischen Verhältnisse, sagt Humboldt, mahnen unwillkürlich an fast gleiche in der intellectuellen Welt, an die Ergebnisse des Denkens, wo in dem Gebiete der tiefen Forschung über die dunkle Werkstätte der Natur und die schaffende Urkraft es ebenfalls abgewandte, unerreichbar scheinende Regionen gibt, von denen sich seit Jahrtausenden dem Menschengeschlecht von Zeit zu Zeit, bald in wahrem, bald in trügerischem Lichte erglimmend, ein schmaler Saum gezeigt hat."

Wozu dienen aber die Monde? So hat man häufig gefragt, und, um die Antwort nicht verlegen, die größere Zahl der Monde der sonnenfernen Planeten mit der vermeintlichen Absicht in Verbindung gebracht, diesen Planeten einen Ersatz für das ihnen zu Theil gewordene schwächere Sonnenlicht zu gewähren. Denen, die überall nur Herren und Diener sehen und suchen, entgegnet Mädler, mit Beziehung auf die Jupitersmonde auf schlagende Weise mit folgenden Worten: „War wirklich dies die Hauptabsicht des Urhebers der Welten bei Bildung der Trabanten, so muß man gestehen, daß sie auf eine höchst unvollkommene Weise erreicht sei, da gerade denjenigen Gegenden, die eines solchen Ersatzes am meisten bedürftig wären, das geringste Quantum des Mondscheins zu Theil geworden ist; während es doch so leicht gewesen wäre, diesen „Uebelständen" durch eine etwas größere Neigung der Bahnen und eine etwas beträchtlichere Entfernung vom Jupiter bei größeren Durchmessern der Monde abzuhelfen.

Umgekehrt kann man dagegen allerdings sagen, daß Jupiter die ihm zugewandte Seite seiner Monde beträchtlich stark erleuchte. So hat z. B. der innerste Mond während seines 42½ stündigen Umlaufs 19 Stunden wirklichen Sommertag, 21¼ Stunden Jupitersschein, der dem Tage nicht allzu sehr nachsteht, und 2½ Stunden wirklich dunkle Nacht (während der Finsterniß). Für die übrigen Monde ist die Theilung in Tag und Nacht gleichmäßiger, der Jupitersschein dagegen weniger intensiv.

Ueberhaupt aber, wie kann der Mondschein das Mittel sein, einem zu geringen Sonnenschein nachzuhelfen, da die Trabanten nur in demselben Verhältniß wie ihre Hauptplaneten erleuchtet werden? Bei Tage ist ein

Jupiters- oder Saturnsmond vollkommen eben so wirkungslos als unser eigner; nur die Nächte könnten also in Betracht kommen. Sind denn aber die 5stündigen Nächte Jupiters und Saturns etwa dunkler als die 12stündigen der Erde oder des Merkur? Für die Nacht ist es ja durchaus gleich, ob die Sonne 10 oder 100 Millionen Meilen entfernt sei, und wo bleibt also nun das vermeintlich stärkere Bedürfniß?

In der That, nur unsere Einseitigkeit und Eigenliebe ist es, die den Bewohnern fremder Weltkörper unsre Einrichtungen und Bedürfnisse, und dem allweisen Urheber des Weltalls unsre altklugen Zwecke unterlegt. Wie jeder andere leuchtende oder erleuchtete, große oder kleine, primäre oder sekundäre Weltkörper, sind auch die Monden Jupiters zunächst und hauptsächlich vorhanden um ihrer selbst willen und nichts weniger als bloße Diener eines anderen Körpers. Dies schließt gegenseitige Wechselbeziehungen und eine allgemeine Harmonie des Ganzen keineswegs aus, nur setze man solche Beziehungen nie als Hauptzweck, und spreche namentlich nicht von einem Bedürfniß des Mondscheins, das sicher weder für die Erde noch für irgend einen anderen Weltkörper vorhanden ist, da sonst auf eine weit bessere und vollständigere Weise für die Befriedigung desselben gesorgt sein würde. — Ein Mekurstrabant in einem Abstande wie der der Erde würde von der Sonne etwa 190 Mal stärker gestört werden als der Erdmond; dies würde jede regelrechte Bahn unmöglich machen — deshalb und aus keinem anderen Grunde hat Merkur keinen Mond. Ceres und Pallas haben ebenfalls keinen erhalten, denn sie sind zu klein, während die der Sonne 3 Mal nähere Erde nicht leer ausgegangen ist. Die Vertheidiger des Beleuchtungszweckes mögen es versuchen, diese in der That groben Inkongruenzen aufzuklären."

§ 39. Die wunderbarste Klasse der Weltkörper unsers Sonnensystems sind die Kometen oder Haarsterne, zu welcher Benennung der Schweif, den die dem bloßen Auge sichtbaren fast ohne Ausnahme zeigen, Anlaß gab. Man schrieb ihnen vor Zeiten — und wie viele thun es noch jetzt! — Beziehungen zu einzelnen Menschen oder ganzen Völkern zu, sie sollten Boten des Zornes der Götter und immer von verderblicher Vorbedeutung sein. Ihre mannigfaltigen Gestalten und oft ungewöhnliche Größe, ihr überraschendes, fast plötzliches Erscheinen und Verschwinden mag Veranlassung zu diesem Aberglauben gewesen sein. Andere, die nicht mit den Augen des dumpfen Aberglaubens sahen, hielten sie nicht für Gestirne, sondern für bloße Lufterscheinungen. Es ist daher schon aus diesen Ursachen begreiflich, warum man so lange nichts Näheres über die Natur der Kometen in Erfahrung gebracht hatte.

Die Kometen sind viel zahlreicher als die Planeten mit ihren Trabanten, und doch erreicht ihre Masse vielleicht nicht den 5000sten Theil der Erdmasse.

Die Zahl der bis jetzt beobachteten beläuft sich auf 500, die meisten entziehen sich aber dem bloßen und bewaffneten Auge, so daß wir uns die Räume des Sonnensystems mit einer ungezählten Schaar derselben bevölkert denken können. Im Jahr 1819 allein waren 4 Kometen am Himmel entdeckt worden, und nach Olbers wird, bei sehr genauer Durchsuchung des Himmels, alle 20 bis 25 Tage wenigstens ein sehr kleiner aufgefunden.

Der Kreis, die Ellipse, Parabel und Hyperbel sind die verschiedenen Bahnen, in denen ein sekundärer Körper nach dem Attraktionsgesetze um seinen Zentralkörper laufen kann; die beiden letzteren Kurven gehen mit ihren Aesten in's Unendliche fort. Wäre die Bahn eines Kometen parabolisch oder hyperbolisch, so könnte, nach seiner Entfernung vom Perihelium, von einer Rückkehr desselben keine Rede sein, und der Komet müßte aus dem Gebiet der Sonne, wenn wir dasselbe auch auf eine 40fache Uranusdistanz erweiteren, in das eines anderen Fixsterns übertreten und sich in irgend einem Kegelschnitt um denselben schwingen. Man hat nun freilich nicht von allen beobachteten Kometen ihre Rückkehr wieder wahrgenommen; drei Umlaufsbahnen ausgenommen, wird von allen übrigen die Bestätigung durch wirkliche Wiederkehr noch erwartet; einige dieser Erwartungen sind sogar schon fehlgeschlagen, weil die Kometen sehr wahrscheinlich uns verborgen blieben. Dessen ungeachtet sind doch hinreichende Gründe vorhanden, anzunehmen, daß nicht nur die drei genauer bekannten, sondern alle Kometenbahnen Ellipsen sein, weil, den Kreis ausgenommen, nur bei dieser Kurve von einer Umlaufsbahn die Rede sein kann. Die Ellipsen der Kometenbahnen stehen aber der Parabel näher als dem Kreise; der Biela'sche Komet, der am wenigsten vom Kreise abweicht, zeigt gleichwol ein Achsenverhältniß von 3 : 5, der Halley'sche von 2 : 9, der Komet von 1680 von 1 : 80. Erinnern wir uns, was § 4, b, über die Bewegungsgeschwindigkeit eines Körpers in einer elliptischen Bahn gesagt worden ist, so ergeben sich aus den angeführten Achsenverhältnissen ungeheure Unterschiede der Geschwindigkeit, und man hat berechnet, daß der Komet von 1680 sich im Perihelio in einer Sekunde durch 53 Meilen, im Aphelio dagegen in gleicher Zeit blos durch 4 Fuß bewegt, — die Geschwindigkeit eines mäßig raschen Pferdes. — Die Bahnen der Kometen sind unvergleichbar mehr veränderlich als die der Planeten, und dies hängt sowol mit ihrer Exzentrizität, als mit anderen Anomalien zusammen; „ihnen ist jede Richtung gleichgültig, und sogar ein wirkliches Rückwärtslaufen etwas ganz Gewöhnliches; sie haben in Bezug auf ihre Austheilung gar nichts mit einander gemein, und der Schluß, den man bei den Planetenbahnen aus der nahen Uebereinstimmung der Bahnebenen und anderer Umstände auf einen gemeinschaftlichen Ursprung gemacht hat, ist für Kometen ohne Beweiskraft." Sie durchstreifen ferner die Bahnen mehrerer, ja in einem sehr häufigen Falle aller Planeten, sind folglich auch den Störungen aller

ausgesetzt, während ein Planet meistens nur von den ihm benachbarten merklich gestört wird. Kommt nun vollends ein Komet einem Planeten sehr nahe, so nehmen die Störungen ungemein rasch zu. Die Umlaufszeit eines Planeten kann höchstens um Stunden und Minuten periodisch geändert werden, die eines Kometen um ganze Jahre, Jahrzehende und selbst Jahrhunderte. Jede Wiedererscheinung eines bereits früher beobachteten läßt beträchtliche Aenderungen sämmtlicher Kometenelemente erkennen, und bereits ist ein sicher konstatirter Fall vorgekommen, daß ein Komet (1769) nur einmal in einer Bahn lief, die ihn nahe bei der Erde vorbeiführte und uns sichtbar machte, hingegen vorher wie nachher in völlig verschiedenen Bahnen, die keine Aehnlichkeit mit der von 1769 zeigten.

Während bei den einen Kometen das Aphelium noch innerhalb der Bahnen der äußeren Planeten liegt, reicht es bei anderen weit außerhalb dieselben, und es ist sehr natürlich, daß ihr großer Abstand vom Quell des Lichtes und der Wärme ein entscheidendes Moment für alle ihre Naturverhältnisse ist. Wo nun solche Differenzen des Abstandes von der Sonne vorkommen, wie bei den Aphelien und Perihelien der Kometen, da müssen wir auf Wechsel gefaßt sein, für welche die stabileren Planeten gar kein Beispiel darbieten. Auch deuten die großen Veränderungen in der Gestalt und im Volum der genauer beobachteten Kometen deutlich auf solche Umformungen hin, die auch veranlassen, daß man die Kometen bei ihrer etwaigen Wiederkehr nie an der besonderen Gestalt, sondern einzig an der Gleichheit der Bahnelemente erkennt, während umgekehrt jeder Planet sich durch eine bleibende Eigenthümlichkeit meist schon dem bloßen Auge verräth.

Man kann die Kometen nach kurzer und langer Umlaufszeit unterscheiden. Zu der ersten Klasse gehört der Komet, den Enke 1818 entdeckte; seine Umlaufszeit ist so kurz, daß seine größte Sonnenferne zwischen die Bahnen der Asteroiden und des Jupiter fällt. Schon 9 Mal haben ihn die Astronomen beobachtet, da er zu einem Umlauf nur 3⅓ Jahre, genauer 1207 Tage gebraucht; sein Perihelium beträgt etwa 7 Millionen, sein Aphelium etwa 80 Mill. Meilen. Seine Lichtstärke hat abgenommen und die sorgfältigste Vergleichung seiner Wiederkehr zum Perihel ergibt die merkwürdige Thatsache, daß seine Umläufe sich sehr regelmäßig verkürzen, in einem Zeitraum von 52 Jahren nämlich um 1⅘ Tage, seine Bahn sich somit dem Kreise nähert. Man erklärt sich diese Erscheinung durch eine im Weltraume verbreitete, Widerstand leistende Materie (Aether, Lichtstoff). Ein zweiter Komet von kurzer Umlaufszeit ist der 1826 von Biela entdeckte, dessen Aphel jenseits der Bahn des Jupiter, aber beträchtlich diesseits der des Saturn liegt. Seine Umlaufszeit beträgt 6¾ Jahre, seine Sonnennähe 21 Millionen, seine Sonnenferne 117 Mill. Meilen. Er ist noch lichtschwächer als der Enke'sche und wie dieser rechtläufig. Dieser Komet hat das erste sichere

Beispiel eines die Erdbahn durchschneidenden Kometen dargeboten. „Die Bahn des Biela'schen Kometen ist daher eine Bahn, die Gefahr bringen kann, wenn man jede außerordentliche, in historischen Zeiten noch nicht erlebte und in seinen Folgen nicht mit Gewißheit zu bestimmende Naturerscheinung gefahrvoll nennen soll." Es können kleine Massen durch eine große Geschwindigkeit allerdings beträchtliche Wirkungen hervorbringen; nimmt man aber die Masse aller Kometen zu 1/5000 der Erdmasse an, so verschwindet doch beinahe die Masse eines einzelnen Kometen gegen die der Erde, und der Biela'sche Komet ist somit so wenig wie jeder andere, geeignet, Besorgnisse zu erregen. „Es liegt aber in der trüben Natur des Menschen, sagt Humboldt im Kosmos, in einer ernsterfüllten Ansicht der Dinge, daß das Unerwartete, Außerordentliche nur Furcht, nicht Freude oder Hoffnung erregt." Eine allerdings noch nie erhörte Naturerscheinung würden die Erdbewohner erleben, wenn Biela's Komet die Erdbahn in denjenigen Punkten durchschnitte, in welchem sich alsdann gerade die Erde befände. Als am 29. Oktober 1832 ein solcher Durchgang erfolgte, war die Erde indes noch über 10 Mill. Meilen vom Durchschnittspunkte beider Bahnen entfernt. Ein dritter Komet dieser Art wurde am 22. Nov. 1843 von dem franz. Astronomen Faye entdeckt. Seine elliptische Bahn, die unter allen bekannten Kometen sich der kreisförmigen am meisten nähert, ist zwischen den Bahnen von Mars und Saturn eingeschlossen, so daß also seine Sonnennähe sich jenseits befindet. Seine Umlaufszeit beträgt 7 29/108 Jahre. Zu diesen drei Kometen kommen noch zwei andere, die ihre Sonnenferne in der Nähe der Jupitersbahn und eine Umlaufszeit von 5 — 6 Jahren haben. Von 70 bis 76jähriger Umlaufszeit ist der große Halley'sche Komet, der retrograd ist, und von welchem man eine mehrmalige Wiederkehr kennt. Seine letzte Rückkehr ist mit Hülfe der Störungstheorie bis auf einen Fehler von wenigen Tagen richtig berechnet worden. Sein Aphelium ist etwa zweimal weiter als das des Uranus; in seiner Sonnennähe zwischen Merkur und Venus ist seine Geschwindigkeit 3698 Mal größer als in der Sonnenferne. — Zu den Kometen von langer Umlaufszeit gehört der schöne Komet von 1811, der 3065 Jahre zu einem Umlaufe gebraucht, der furchtbar große von 1680, der über 8800 Jahre gebraucht. Jener entfernt sich 8400, dieser 17600 Mill. Meilen von der Sonne; kehren sie wieder zurück, so liefern sie den faktischen Beweis für die Anziehungskraft der Sonne selbst bis in diese ungeheuren Entfernungen.

§ 40. Außer den Planeten und Kometen gibt es noch eine große Zahl kleiner Körper, die, wie diese, nach den Gesetzen der allgemeinen Schwere mit planetarischer Geschwindigkeit um die Sonne kreisen. Es sind die **Sternschnuppen** und **Feuerkugeln**, die, wenn sie in ihrem Umlaufe durch die Erde Störungen erleiden, in unsere Atmosphäre und weiter bis zur Erdoberfläche gelangen können. In dem fragmentarischen Zustande, in welchem

wir sie alsdann treffen, heißen sie Aerolithen oder Meteorsteine. Gewöhnlich nimmt man die Betrachtung der Erscheinungen, welche diese kleinen Körper darbieten, in die Meteorologie auf; wenn es aber keinem Zweifel mehr unterliegt, daß sie sich in bestimmten Bahnen um die Sonne bewegen, so gehört ihre Betrachtung offenbar schon hieher. In der Meteorologie mag von ihnen die Rede sein, wenn es sich um diejenigen Erscheinungen handelt, welche sich in physischer Beziehung an ihnen darbieten, indem es den Anschein hat, als ob mit diesen kleinen Massen, wenn sie in unsere Atmosphäre gelangen, gewisse Veränderungen vorgehen.

Zuvörderst muß bemerkt werden, daß nach den Beobachtungen und Erfahrungen, welche man über diese Körper namentlich in neuester Zeit gemacht hat, es nicht gestattet ist, Sternschnuppen und Feuerkugeln von einander zu trennen; man hat sich unter dieser doppelten Benennung nicht verschiedene Körper vorzustellen. Die Sternschnuppen fallen entweder vereinzelt oder periodisch in ganzen Schwärmen, die sich meistens in paralleler Richtung bewegen, und von denen jeder aus Myriaden dieser kleinen Weltkörper zusammengesetzt ist. Man kennt bereits mehrere dieser periodischen Schwärme, und es ist mehr als wahrscheinlich, daß die fortgesetzte Beobachtung deren noch mehrere aufweisen werde. Zu den berühmtesten gehört erstlich das sogenannte November-Phänomen. Im Jahr 1823, in der Nacht vom 12. auf den 13. Nov. beobachtete man in Potsdam, und 1832 in ganz Europa, von England bis zum Uralfluß und selbst in der südlichen Halbkugel auf der Insel Mauritius, ein großes Gemisch von Sternschnuppen und Feuerkugeln der verschiedensten Größe. Im Jahr 1833, in der Nacht vom 12. auf den 13. Nov. sah man in Amerika, von Jamaika bis Boston, einen ungeheuren Sternschnuppenschwarm, und an Einen Orte fielen während neun Stunden wenigstens 240000. Erst das letzte Phänomen leitete auf den Gedanken, daß die Wiederkehr der Sternschnuppenschwärme an gewisse Tage geknüpft, dieselben also periodisch seien. Man erinnerte sich an frühere gleichartige Erscheinungen und erkannte mit Erstaunen die Identität der Zeitepoche. Der Strom von 1833 erschien in der Nacht vom 13. — 14. Nov. in Nordamerika auf's Neue, und jetzt konnte man an der Periodizität der Erscheinung um so weniger mehr zweifeln, als sie sich seitdem in Europa mit großer Regelmäßigkeit bestätigt hat. Ebenso regelmäßig als das November-Phänomen erscheint vom 9. bis 14. August ein zweiter Sternschnuppenschwarm, der Strom des heil. Laurentius. Dieser Strom wurde schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts beobachtet, aber seine periodisch sichere Wiederkehr um die Zeit des Laurentiusfestes erst später erwiesen.

Man vermuthet nicht ohne Grund, daß die Sternschnuppenschwärme die Erdbahn schneiden, wie wir dies vom Biela'schen Kometen wissen; nur haben wir hier nicht einen einzelnen Körper, der dies thut, sondern Myriaden,

welche zusammen in einem geschlossenen Ringe einerlei Bahn verfolgen. Es ist ferner wahrscheinlich, daß die Sternschnuppen ungleich gruppirt sind und ungleich weit von einander abstehen, und daß sie eine breite Zone bilden, welche die Erde erst in mehreren Tagen durchschneiden kann. Aus der Periodizität der Erscheinung an den nämlichen Tagen des Jahres scheint zu folgen, daß ein bestimmter Sternschnuppenschwarm zu jener Zeit die Erdbahn in derjenigen Gegend schneidet, welche die Erde an jenen Tagen durchläuft, und die Berechnung sämmtlicher Beobachtungen hat das Resultat ergeben, daß die Sternschnuppenschwärme allemal aus dem Punkte des Weltraums kamen, auf welche zu derselben Zeit die Bewegung der Erde gerichtet war. Man sieht hieraus leicht, daß diese Schwärme von der Rotation der Erde unabhängig sind, daß die Richtung ihrer Bahn rückläufig ist, und daß sie nicht meteorologischer, sondern kosmischer Abkunft sind. Die große Seltenheit der glänzenden Erscheinung, wie die im Nov. 1833 war, erklärt Humboldt durch die Annahme, daß in einem der geschlossenen Ringe die Sternschnuppen dergestalt ungleich vertheilt seien, daß es nur wenige dicht gedrängte Gruppen darin gebe, während Studer daraus schließt, daß die Umlaufszeit des Schwarms mehr als ein Jahr betrage, seine Bahn also eine sehr exzentrische sei. Wiederholt sich aber, wie dies bei'm Laurentiusstrom der Fall zu sein scheint, die Erscheinung ohne Unterbrechung jedes Jahr an denselben Tagen, so gibt Studer der Umlaufszeit eines solchen Schwarmes genau oder beiläufig die Dauer eines Jahres, und da nach sechs Monaten, wenn die Erde sich auf der entgegengesetzten Seite ihrer Bahn befindet, die Erscheinung nicht beobachtet wird, so läßt er die Bahn des Schwarms in dieser Gegend des Himmels innerhalb oder außerhalb der Erdbahn durchgehen. Bisweilen ist der Strom der Novembersternschnuppen nur in einem schmalen Erdraume sichtbar geworden, so z. B. im Jahr 1837 in England in großer Pracht, während zu Braunsberg in Preußen in derselben Nacht, die dort ununterbrochen heiter war, von 7 Uhr Abends bis Sonnenaufgang nur einige wenige sporadisch fallende Sternschnuppen gesehen wurden. Bessel schloß daraus: „daß eine wenig ausgedehnte Gruppe des großen mit jenen Körpern gefüllten Ringes in England bis zur Erde gelangt ist, während daß eine östlich gelegene Länderstrecke durch eine verhältnißmäßig leere Gegend des Sternschnuppenringes ging."

Die vorherrschende Richtung der Sternschnuppenbahnen geht, wie schon angedeutet, von Osten nach Westen in der Richtung der Ekliptik. Die Höhe dieser Körper über der Erdoberfläche hat man durch Messungen im Mittel zu 10 bis 15 Meilen, bei manchen aber auch zu 30 bis 100 und mehr Meilen gefunden, und hieraus ergibt sich für ihre Bewegung die außerordentliche Geschwindigkeit von 4 bis 8 Meilen in der Sekunde, die der der Planeten gleich kommt, oder sie übertrifft. Aus ihrem scheinbaren Durchmesser hat

man auf ihren wirklichen von 500 bis 2600 Fuß geschlossen. Diese Körper sind also verhältnißmäßig sehr klein, und es ist somit begreiflich, daß, wenn sie auf ihrer Bahn der Erde begegnen, sie von der letzteren entweder angezogen werden und als Feuerkugeln und Meteorsteine mit großer Heftigkeit niederfallen, oder auch großentheils die Nähe unsers Dunstkreises unzerstört durchstreichen, um ihre durch Anziehung der Erdmasse nur in der Exzentrizität veränderte Bahn um die Sonne fortzusetzen.

Die Aerolithen sind, dem Obigen zufolge, die aus dem Planetenraume in Fragmenten zu uns gelangten Sternschnuppen oder Feuerkugeln. Früher läugnete man die ursprüngliche Existenz dieser kleinen Massen im Planetenraume, eine der ältesten Hypothesen, die über sie aufgestellt worden, ließ sie aus dem Monde kommen, aus noch thätigen Mondvulkanen. Dieser Annahme widerspricht aber theils ihre Richtung, welche der Bewegungsrichtung der Erde entgegengesetzt ist, theils läßt sie sich auch auf andere Weise widerlegen. Man ist zu dieser Hypothese durch die verhältnißmäßig geringe Entfernung des Mondes von der Erde geleitet worden. Sollen nun nach derselben die Meteorsteine aus dem Monde kommen, so ist erforderlich, daß sie über die Grenze der Schwebe zwischen Mond und Erde hinausgeschleudert werden, folglich die Geschwindigkeit der vom Monde hinausgeworfenen Meteormasse die Anziehungskraft des Mondes übersteigen müsse. Hier kommt es darauf an, nachzuweisen: 1) wie groß die Geschwindigkeit sei, mit der dies vom Monde aus geschehen müsse, und ob Gründe vorhanden sind, die dies wahrscheinlich machen; 2) zu vergleichen, ob die Geschwindigkeit, mit der eine Meteormasse auf der Erde ankommen müßte, mit der Erfahrung übereinstimmt. — Aus den Gesetzen der Mechanik geht hervor, daß die Masse des Mondes etwa 1/88 der Erdmasse beträgt, und aus dieser im Verhältniß zu seiner Geschwindigkeit wird gefolgert, daß die Körper auf der Oberfläche des Mondes in der ersten Sekunde nur durch 2,3 Fuß, also über 6 Mal weniger tief fallen als auf der Erde, daß also auch die Schwere, oder die Kraft, mit welcher der Mond alle Körper auf seiner Oberfläche an sich zieht, nur etwa den sechsten Theil von der Schwere der Erde beträgt. Daraus folgt, daß unser Schießpulver, auf den Mond gebracht, daselbst viel größere Schußweite als bei uns erzeugen würde. Vergleichen wir nun die Berge auf dem Monde mit denen der Erde, so ergibt sich, daß sie, relativ betrachtet, die der Erde bedeutend übersteigen, ja nach Verhältniß der Größe beider Himmelskörper erscheinen die Mondberge fast viermal höher als die Berge der Erde. Dies scheint reagirende Kräfte des Mondinneren gegen seine Rinde vorauszusetzen, welche viel kräftiger gedacht werden müssen als die unserer Erde. Wenn man daher die Geschwindigkeit einer auf dem Mond abgeschossenen Kanonenkugel nicht einmal 20000 Mal vermehrte, so würde letztere über die Grenze der Schwebe (beiläufig 6700

Meilen) hinausgetrieben und für den Mond verloren werden, und nun, vermöge der Anziehungskraft der Erde, zu ihr herabfallen. Allein die Geschwindigkeit, mit der sie, oder also in unserem Falle eine Meteorsteinmasse, auf der Erde ankommen müßte, (da die Fallräume der einzelnen Zeiten wie die ungeraden Zahlen, die Gesammtfallräume wie die Quadratzahlen der Zeiten wachsen) stimmt nicht mit der Erfahrung überein. Denn sie würde bei einem noch zurückzulegenden Wege von über 45000 Meilen so groß werden, daß die Meteormassen bei ihrem Herabfallen nicht mehr sichtbar sein könnten, zu einer bedeutenden Tiefe eindringen und zu Staub zerfallen müßten. Dies wird nun keineswegs durch Beobachtung bestätigt und damit fällt auch die Hypothese, welche die Aerolithen aus dem Monde kommen läßt.

§ 41. Es ist im Bisherigen vielfach angedeutet worden, wie die Bewegungen der das Planetensystem unserer Sonne ausmachenden Körper, weil sie nicht allein durch die Sonne und den sekundären Körper bestimmt werden, sondern von den letzteren ein jeder den gegenseitigen Wirkungen der durch das ganze System verbreiteten Anziehungskräfte unterliegt, vielfachen Störungen unterworfen sind. Diese sogenannten Störungen machen zwar die gegenseitigen Verhältnisse der Körper zu einander verwickelter, keine Bahn ist durch sie durchaus bleibend, kein Körper nimmt auf derselben den Ort ein, den ihm die blos auf den Hauptkörper bezogene Rechnung anweis't, und derjenige nennt sie bei'm rechten Namen, der Bequemlichkeit und Kürze der Rechnung liebt; dessen ungeachtet aber beurkunden gerade sie die Einfachheit und Allgemeinheit des Gravitationsgesetzes, sie sind dessen thatsächlicher und allgegenwärtiger Sieg und gleichsam die Ausflüsse des Substantiellen, des Zweckes im Sonnen- und Weltsystem.

Es ist dieser Störungen schon oben, § 23, 27 und 28 in Beziehung auf Erde und Mond Erwähnung geschehen, und dasselbe, was wir dort gefunden, wiederholt sich auch hinsichtlich der Elemente der Planetenbahnen, wie die Tafeln § 36 zeigen. Die Störungen sind entweder von kürzeren oder längeren Perioden, der Verlauf der einen umfaßt Wochen, Monate, Jahre, der anderen Zehntausende und Hunderttausende von Jahren; dieß begründet jedoch keinen wesentlichen Unterschied zwischen ihnen. Wichtiger ist der Umstand, daß die Störungen theils den Ort eines Planeten in seiner Bahn, theils die Bahn selbst nach ihrer Form und Lage veränderen. Diese Störungen haben ihre Ursache wiederum, theils in den einzelnen Oertern, welche die störenden Körper zu einer gegebenen Zeit einnehmen, theils in der allgemeinen Form und Lage der Bahnen dieser Körper. Da nun im System jeder störende Körper zugleich ein gestörter und keine Wirkung ohne Gegenwirkung ist, da ferner, streng genommen, jede Veränderung des Ortes auch eine der Elemente in sich schließt (letztere sind das theoretische Ergebniß aus den einzelnen beobachteten Oertern); so sind demnach die Bahnen der stören-

den Körper selbst veränderlich, folglich auch die der gestörten, d. h. alle Bahnen, und es können somit auch die mittleren Elemente, in denen die einzelnen Ungleichheiten schon ausgeschlossen sind, nicht für alle Zeiten gelten, weshalb man auch in den Tafeln der Elemente gewisse Epochen der Zählung aufführt. Eine andere Ursache der Störungen hängt von der Gestalt der Weltkörper ab. Sind dieselben abgeplattete Sphäroide, so besteht die Störung, wie wir § 23 bei der Erde gefunden haben, in einer Vorrückung der Nachtgleichen. Störungen dieser Art sind von keiner Bedeutung; wichtiger sind diejenigen, welche die Elemente selbst affiziren, nämlich die Neigungen, Knoten und die Exzentrizität der Planetenbahnen, sowie den Ort des Perihelium. Daß aber auch von diesen Veränderungen nichts zu fürchten sei, ist schon § 25 mit den Worten Mädlers gesagt worden. Zudem ist im Planetensystem dafür gesorgt, daß sich zu große Anomalien nirgends anhäufen können. „Jupiter, der wegen seiner großen Masse (er wiegt dreimal so viel als alle übrigen Planeten und Monde zusammen genommen) die stärkste Wirkung auf die übrigen haben muß, hat einen anderen großen Planeten gleichsam als Balancier erhalten, nämlich Saturn, nächst ihm der größte und ihm benachbart. Im Allgemeinen werden $^{19}/_{20}$ der Wirkungen, welche Jupiter auf die Gestaltung der Bahnen anderer Planeten ausübt, von Saturn absorbirt; nur $^{1}/_{20}$ trifft die kleineren, die ihrer geringeren Masse wegen einen größeren Nachtheil von diesen Störungen haben würden." Ueberhaupt sind im Sonnensystem die Massen so vertheilt, die Exzentrizitäten und Neigungen für die größeren Planeten so geringfügig, die Bahnen so geordnet, daß bei der übereinstimmend direkten Richtung der Planetenbewegungen keine Gefahr einer Zerstörung des Planetensystems durch sich selbst je zu befürchten ist.

Was aber steht von den Kometen zu gewärtigen, die sich unter allen nur denkbaren Neigungswinkeln und Exzentrizitäten zeigen und eben so häufig sich rechtläufig wie retrograd bewegen? Hierauf möge der Meister der Wissenschaft, der schon oft citirte Mädler, antworten. „In der That ist an die Stelle der Furcht früherer Zeiten — „was die Kometen bedeuten möchten" — eine nicht vom Aberglauben, sondern von der Wissenschaft selbst angeregte getreten: „was sie bewirken?" Was hälfe alle Sorgfalt in Verhütung der Planetenkollisionen, wenn diese an keine Sphäre gefesselten, sondern sie allesammt rücksichtslos durchschneidenden Fremdlinge der Erde und allen Planeten stete Gefahr drohen? In der That, die Möglichkeit eines Zusammentreffens eines Kometen mit der Erde braucht nicht nach Hunderttausenden oder Millionen von Jahren bestimmt zu werden — der Konflikt kann sich über Nacht ereignen und kein Laplace wird uns vom Untergang retten, wenn er in dieser Weise kommen soll. Die Sache verdient eine nähere Betrachtung.

Das ganze System ist, wie man sieht, auf Wirkung und Gegenwirkung basirt, und sie spricht sich in allen Verhältnissen der Sonne, der Planeten und Monde unter einander aus. Merkwürdiger Weise aber zeigen uns die Beobachtungen in Beziehung auf das Verhältniß von Planeten und Kometen nichts von einer solchen Gegenseitigkeit. Während die Wirkungen der Planeten auf die Kometen so stark sind, daß sie deren Wiederkehr um mehrere Jahre verzögern oder beschleunigen, ja ihre Bahnen so umgestalten, daß oft gar keine Aehnlichkeit mit der früheren übrig bleibt, während so, unseren Ansichten nach, die Kometen die bitterste und begründetste Klage über die schonungslose Härte der Planeten zu führen haben, hat man noch nie die kleinste Spur einer Gegenwirkung der Kometen wahrgenommen, trotz der großen Nähe, in die mehrere nicht allein kommen können, sondern bereits gekommen sind, und nicht in grauer Vorzeit etwa, sondern in unsern Tagen. Im Jahr 1770 kam ein Komet der Erde so nahe, daß er nur 400000 Meilen von ihr abstand, und eben derselbe ging hernach zwischen Jupiter und seinen Monden hindurch. Der Halley'sche kam 1835 am 10. Oktober der Erde näher als irgend ein Planet ihr jemals kommen kann, nämlich auf 4 Mill. Meilen. Am 26. Juni 1819 stand ein großer Komet (den man erst 8 Tage später erblickte) so nahe zwischen Sonne und Erde, daß ein Theil seines Schweifes die letztere berührt haben muß. Alle diese Kometen haben, wie die Rechnungen zeigten, ihre Kühnheit theuer genug bezahlt, was die Stabilität ihrer Laufbahnen betrifft, doch was haben sie uns zugefügt? Müßten nicht die Tausende von Kometen, die gewiß schon erschienen sind, die Harmonie des Planetensystems längst in ein Chaos aufgelöst haben, wenn die Gegenwirkungen nur einigermaßen den Wirkungen entsprächen? Statt dessen hat nie ein Komet vermocht, die Erde oder irgend einen Planeten auch nur momentan zu stören, so daß die Störung ein Objekt der Beobachtung hätte werden können. Wäre z. B. der Komet von 1770 der Erde an Masse gleich gewesen, so hätte er der Rechnung zufolge eine Verlängerung des Erdjahres, in welchem er erschien, von 10000 Sekunden bewirkt. Allein schon eine Verlängerung von 2 Sekunden hätte sich in den Beobachtungen der Sonne und anderer Himmelskörper verrathen müssen, gleichwol ist nichts bemerkt worden, der Komet hatte also gewiß noch nicht $1/_{5000}$ der Erdmasse. Doch wir treffen auf noch viel geringere Zahlen, wenn wir berechnen, welche Wirkung die oft wiederkehrenden Kometen bei ihren so stark abweichenden und zum Theil retrograden Bewegungen, selbst bei sehr geringen Massen, hätten haben müssen, und nach Ausweis der Beobachtungen nicht gehabt haben.

Den Kometen alle Materialität und in Folge dessen auch alle Wirksamkeit abzusprechen, dürfte allerdings zu weit gehen; aber auch von anderen Seiten lehren uns die Beobachtungen, daß unsere gewöhnlichen Begriffe von physischen Körpern auf sie gar keine Anwendung zu finden scheinen. Sie

sind trotz eines Durchmessers von vielen tausend, ja hunderttausend Meilen vollkommen durchsichtig, und eben so wenig vermögen sie das Licht zu brechen. Unsere verdünnteste Luft würde sich in ihren Wirkungen nicht so auf Null reduziren lassen, wahrscheinlich ist also selbst der Kern noch viel dünner als diese, und unsere Vorstellungen von Weltkörpern als festen Massen finden hier gar keine Anwendung. — Auch die ungeheuren und raschen Veränderungen, welche die Kometen in ihrem Ansehen erleiden, sprechen für eine ungemeine Verflüchtigung ihrer Theile. Die Ursachen dieser Veränderungen mögen innere oder äußere sein, jedenfalls ist klar, daß ihre Theile so gut als gar keinen Widerstand zu leisten im Stande sind, und folglich auch gar keine anziehende Kraft nach Außen bethätigen können.

Welchen Zweck die Kometen im Weltsystem erfüllen, ist freilich für uns allem Anschein nach unergründlich, doch daß sie zu Zerstörungswerkzeugen, oder – in der Sprache der Vorzeit zu reden — zu Zucht- und Strafruthen einer zürnenden Gottheit, doch gar zu ohnmächtige Wesen sind, kann nicht bezweifelt werden. Die Ausdrücke zusammenstoßen und zusammenprallen, die schon manchen Erdbewohner, von Kometen gebraucht, mit Schrecken und Angst erfüllt haben, erscheinen in Bezug auf solche Körper zum mindesten sehr übel gewählt; Ineinanderfließen würde vielleicht weniger unpassend sein. Statt demnach in den Kometen den künftigen Ruin des bewunderns-würdigen Systems, in dem unsere Erde ein Glied ausmacht, zu erblicken, gewährt vielmehr diese Betrachtung uns einen ahnenden Blick in den Plan des allweisen Schöpfers der Welten. Nur solchen Körpern, die ihrer ganz eigenthümlichen inneren Natur zufolge durchaus unschädlich und unwirksam sind, ward es gestattet, in so exzentrischen und unter anderen Umständen höchst gefahrdrohenden Bahnen um die Sonne zu laufen, allen anderen dagegen, welchen eine Wirksamkeit zu Theil ward, ertönte auch ein strenges: „Bis hieher und nicht weiter!“ Die stärksten und überwiegendsten Massen fügten sich in eine desto genauere Ordnung, in eine Sphäre, innerhalb deren ihre anziehenden Wirkungen nur wohlthätig und, dem Plan des großen Ganzen gemäß, nie zerstörend sich äußeren können; und nur in dem Maße, wie die Massen geringfügiger, so wie ihre Entfernung von der Sonne kleiner wird, ist ihnen auch ein größerer Spielraum für die Abweichungen vom normalen Zustande gestattet.“

§ 42. Die letzten §§ enthalten in allgemeinen Umrissen eine Uebersicht des Laufes der Körper unsers Sonnensystems. Ich könnte daher, scheint es, dieses Kapitel hiermit schließen; allein diese Körper bieten in physikalischer Beziehung so mancherlei Erscheinungen dar, die, schon an sich interessant, für unsere Erde manche erhebliche Vergleichungspunkte enthalten, daß es mir wol gestattet sein wird, das Wichtigste davon zum Schlusse hier übersichtlich zusammenzufassen, da ja ohnehin außer den Bahnen der Weltkörper

auch sie selbst nach ihrer Größe, Gestalt, Rotation und sonstigen physikalischen Verhältnissen Gegenstand der Beobachtung und Rechnung zu sein pflegen. Alle astronomischen Bestimmungen entlehne ich aus Mädlers Astronomie.

1. Die Sonne, der Zentralkörper unsers Planetensystems, die Quelle alles Lichtes und aller Wärme für dasselbe, ist der Masse nach 775 Mal größer als alle anderen bekannten, zum System gehörenden Körper. Ihr scheinbarer Durchmesser ist (§ 19) am 1. Januar 32′ 33″,7, am 2. Juli 31′ 29″,2; der mittlere 32′ 0′,88. Der wahre Durchmesser hingegen ist 112,14 Erddurchmesser (1718,8) oder 192936 geogr. Meilen, der Umfang 605556 Meilen. Nach allen bisherigen Beobachtungen ist die Sonne entweder eine vollkommene Kugel, oder doch ihre Abplattung unmerklich. Ist die Sonne eine vollkommene Kugel, so ist ihre Oberfläche 12598 Mal größer als die der abgeplatteten Erdoberfläche und ihr Volumen 1415225 Mal dem Volumen des Erdsphäroids gleich. Die Masse der Sonne ist nach den neuesten Bestimmungen 345936 Mal größer als die der Erde, und da man ihre Dichtigkeit erhält, wenn man das Volum in die Masse dividirt, so ist dieselbe $\frac{345936}{1415225} = 0{,}250 = \frac{1}{4}$ der Dichtigkeit des Erdkörpers (Ebenholz und Braunkohle). Hieraus ergibt sich ferner eine 28,36 Mal größere Schwerkraft an der Oberfläche der Sonne als an derjenigen der Erde, so daß somit dort ein Körper in der ersten Sekunde durch 428,25 par. Fuß fällt, mit einer Geschwindigkeit also, welche nahezu derjenigen einer abgeschossenen Flintenkugel gleich kommt. „Ein Körper, der bei uns kaum 4 Pfund wiegt, würde dort nur durch eine Kraft bewegt werden können, die hier zur Bewegung eines Zentners erfordert wird. Ein Geschöpf von unserer Kraft und unserem Körperbau vermöchte dort kaum den Fuß emporzuheben und liefe bei'm Auftreten Gefahr, ihn zu zerschmettern; schon nach wenigen sehr kurzen Schritten würde völlige Erschöpfung eintreten. Ein Sekundenpendel würde dort die Länge von 86 p. F. haben; ein mit aller unserer Kraft emporgeworfener Körper sich nur sehr wenig über unseren Kopf erheben. Selbst wenn die Atmosphäre und alles Uebrige sich wie bei uns verhielte (was sicherlich nicht der Fall ist), so würden dennoch alle unsere Pflanzen durch die ungeheure Schwerkraft zurückgehalten und niedergedrückt, dort knieholzartig am Boden kriechen. Nur Titanen und Cyklopen, wie sie die alten Fabeln uns vorführen, wären dort im Stande, Bauwerke aufzuführen, ja nur die gewöhnlichsten unserer Arbeiten zu verrichten. Schluß: Kein einziges organisirtes Wesen auf der Oberfläche der Sonne kann irgend einem auf unserer Erde in physischer Beziehung ähnlich sein."

Es scheint, als habe mitten unter allen bisher betrachteten großen und kleinen, dichten und lichtnebelartigen, in unaufhörlicher Bewegung befindlichen Körpern die Sonne, dieser sie alle fesselnde Zentralkörper, im Himmelsraume

allein keine fortschreitende Bewegung. In der That ist sie ein Fixstern, gleich den übrigen Himmelskörpern, denen man diesen Namen wegen ihrer Unbeweglichkeit beigelegt hat. Allein dieser Name ist für sie der Strenge nach nicht mehr gültig, da sie wirklich eine Bewegung zeigen, ihre Unbeweglichkeit also nur relativ und scheinbar ist. Was insbesondere die Sonne betrifft, so ist es mit Hülfe der jetzigen überaus genauen astronomischen Meßinstrumente gelungen, die Ortsveränderung des ganzen Sonnensystems zu zeigen. Aus vollständig und sorgfältigst angestellten Untersuchungen und Beobachtungen geht hervor, daß sich unsere Sonne gegen das Sternbild des Herkules hinbewegt, und zwar mit einer Schnelligkeit, die zum mindesten mehr als die doppelte Umlaufsgeschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn um die Sonne beträgt. Wie sich der Jupiter mit seinem Mondensysteme um die Sonne schwingt, ebenso bewegt sich also auch die Sonne mit ihrem Systeme von Planeten und Kometen in Gesellschaft der übrigen Fixsterne vielleicht um einen großen, unbekannten, dunkeln oder leuchtenden Zentralkörper, oder, wenn eine solche Annahme durch die bisher gesammelten Thatsachen nicht als nothwendig gerechtfertigt erscheint, um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Fixsternenwelt. In den Partialsystemen des Sonnensystems spiegelt sich also das Gesetz der Wiederkehr derjenigen großen Bewegungen ab, die uns die Sonne mit den ihr zugehörigen Körpern zeigt. Die genannte Bewegung der Sonne ist aber nicht die einzige, die sie hat. Nach § 35 kreisen alle Körper des Sonnensystems um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, also auch die Sonne. Da aber dieser Schwerpunkt innerhalb den Sonnenkörper fällt, so reduzirt sich ihre Bewegung auf kleine Schwankungen um den allgemeinen Schwerpunkt des Systems, die, weil sie nur dem Berechner wahrnehmbar sind, unberücksichtigt bleiben können. Dagegen kommt der Sonne eine rotirende Bewegung zu, wie uns die Flecken belehren, welche auf der Sonnenoberfläche beobachtet werden.

Es erblickt nämlich das bewaffnete, manchmal auch das gegen Blendung gesicherte unbewaffnete Auge nicht selten in der Mitte der leuchtenden Sonnenscheibe dunkle Flecken von verschiedener Größe und Gestalt. Die einen Flecken haben eine graue Färbung, andere sind schwärzer, und die letzteren zeigen sich nur in der Mittelzone auf beiden Seiten des Aequators. Diese schwarzen Flecken sind entweder Punkte, an sich deutlich genug, aber ohne bestimmte Gestalt, oder Kernflecken, welche eine bestimmte Umrißlinie und meßbare Dimensionen haben, und häufig von den grauen Flecken, die man Höfe nennt, umgeben sind. Meistens bilden die größeren Flecken sich nach und nach, innerhalb einiger Tage durch Anwachsen oder durch Vereinigung mehrerer, und verschwinden in ähnlicher Weise. Beides geschieht unzweifelhaft auf der abgewendeten, wie auf der uns zugewendeten Sonnenscheibe, daher sieht man oft einen großen Fleck vom Rande her hereinrücken,

sich gegen Westen über die Sonnenscheibe hin bewegen und am Westrande verschwinden; erscheinen sie dann wieder am Ostrande, was nicht selten ist, so sind sie gewöhnlich stark verändert. Nach den Rändern zu erblickt man sie in perspektivischer Verkürzung, das beste Kennzeichen, woran sie von umlaufenden Körpern unterschieden werden können. Am 8. Juni und 9. December jeden Jahres bilden sie gerade Linien, die mit der Ekliptik und deren Parallelen Winkel von 7½° machen. In der übrigen Zeit des Jahres macht die Bahn der Sonnenflecken einen Bogen, der im Frühling südlich, im Herbst nördlich gekehrt ist, und diese Bahn muß eine Ellipse sein. Aus der Bewegung dieser Flecken nun hat man gefunden, daß sich die Sonne in 25½ Tagen um ihre Achse drehe und daß diese gegen die Achse der Ekliptik 7½° Neigung habe. Obgleich die Rotation der Sonne fast viermal schneller als die unserer Erde ist, so vermindert sie die Fallgeschwindigkeit auf der Sonne doch nur unbedeutend.

Die vorhin erwähnte perspektivische Verkürzung der Sonnenflecken findet für den Hof und den Kernfleck Statt, so aber, daß der letztere langsamer fortrückt als der erstere und zuletzt nicht mehr in der Mitte des Hofes steht, sondern nach Osten hin zurückbleibt und einen Hof nur noch im Norden, Westen und Süden hat. Erscheint ein solcher Fleck am Ostrand der Sonne, so hat er nur östlich einen Hof, kommt aber nach etwa 6 Tagen in der Mitte der Sonnenscheibe wieder in die Mitte seines Hofes zu stehen. „Dieser Umstand führt auf eine wichtige Thatsache, daß nämlich die schwarzen Kernflecken auf einer kleineren Kugel als die Höfe sich bewegen, daß also erstere, in Beziehung auf ihren Hof und die helleren Theile der Sonnenoberfläche, einen tiefen Grund bilden. Nimmt man mit Herrschel dem Vater einen an sich dunkeln Sonnenkern und zwei Photosphären, die innere schwächer als die äußere glänzend, an, so läßt sich die Erscheinung leicht dadurch erklären, daß man lokale und temporelle Entziehungen der einen oder beiden Photosphären annimmt, wodurch im ersteren Falle die innere Photosphäre, im letzteren der Kern der Sonne, entblößt wird. Man kann sich die Oeffnung gleichsam trichterförmig vorstellen, so daß nur in den innersten Theilen beide Photosphären fehlen. Damit scheint auch der Umstand zusammenzuhängen, daß die Flecken meist desto schwärzer erscheinen, je größer sie sind. Ist nämlich der Durchmesser des Trichters verhältnißmäßig klein, so wird der innere Kern mehr Licht von den Seitenwänden dieser Oeffnung erhalten als bei beträchtlicher Ausdehnung. Mit diesen Entziehungen der Lichtsphäre an einigen Stellen muß nun aber nothwendig eine Anhäufung derselben an anderen verbunden sein, die sich für uns zwar weniger merklich machen wird, aber dennoch durch eine Verstärkung des Glanzes wahrnehmbar sein kann, und daraus erklären sich die Sonnenfackeln, die am häufigsten in der Nähe der Kernflecken gesehen werden.“

Man hat in Bezug auf diese bald, freilich ausnahmsweise, gar nicht, bald zahlreich und ansehnlich sich zeigenden Flecken geglaubt, daß sie einen Einfluß auf unsere Witterung hätten, indem durch sie die Menge des Lichtes, also auch der auf der Erde durch das Licht erzeugten oder erregten Wärme vermindert werde. Es fehlen hierüber noch entscheidende Beobachtungen, es scheint aber die Verminderung der leuchtenden Fläche durch die Flecken im Ganzen nicht so bedeutend zu sein, daß das Thermometer davon etwas anzeigte, dazu kommt, daß die gleichzeitig mit den Flecken erscheinenden Fackeln das Sonnenlicht vermehren müssen und die Entziehung des Lichtes an der Stelle des Kernflecks keine absolute ist.

Mit der großen Schwerkraft an der Oberfläche der Sonne läßt sich ihr Leuchten und ihre erwärmende Kraft am naturgemäßesten in Zusammenhang bringen. Wird unsere Luft auf das 30 — 40fache ihres normalen Zustandes verdichtet, so wird dadurch nicht nur Wärme erzeugt, sondern es werden auch momentane Lichterscheinungen hervorgebracht, und Licht und Wärme fließen nach den neuesten Entdeckungen aus derselben Quelle. Auf der Sonne findet nun eine ähnliche Verdichtung durch die große auf ihrer Oberfläche herrschende Schwerkraft fast beständig Statt, und diese Massen erstrecken sich, wie Beobachtungen lehren, 3 — 500 Meilen in die Höhe. „Es scheint, daß jeder mit einer so stark verdichteten gasförmigen Hülle umgebene Körper leuchten müsse, und daß eine beträchtliche Masse überhaupt nothwendige Bedingung des Selbstleuchtens sei.“ Man braucht daher bei dem beständigen Ausstrahlen des Lichtes von der Sonne gar nicht an ein Brennen der Sonnenoberfläche zu denken, weil es erstlich ganz unerklärlich ist, woher diesem ewigen Feuer ununterbrochen seine Nahrung kommen sollte, und weil zweitens „die Wirkungen des Sonnenlichtes nicht blos quantitativ, sondern auch qualitativ ganz verschieden von denen eines Feuers sind.“

Es ist in Betreff der Sonne noch einer auffallenden Naturerscheinung zu erwähnen, nämlich des Zodiakallichtes (Thierkreislichtes). Es rührt von einem sehr blassen, zarten Lichte her, durch welches selbst die kleinsten Sterne kenntlich sind, und das die Sonne begleitet. Es erstreckt sich in der Ebene ihres Aequators bis über die Bahnen des Merkur und der Venus hinaus, und ist ein frei im Weltraume kreisender, sehr abgeplatteter Ring von leuchtender Materie, die mit dem Schimmer der Milchstraße große Aehnlichkeit zeigt. Für unsere Gegenden zeigt es sich im Februar, März und April in den Abendstunden, im September und Oktober in den Morgenstunden, zu der Zeit also, wo der Aequator der Sonne als eine Ellipse erscheint, und zwar desto besser, je weiter diese geöffnet ist. „Ueberdies hängt seine Sichtbarkeit noch von dem Winkel ab, welchen der Parallel, in welchem sich die Sonne befindet, mit dem Horizont eines Ortes macht. Je näher dieser Winkel einem rechten kommt, desto kürzer ist die Dämmerung und desto

weniger kann sie folglich die Sichtbarkeit des Zodiakallichtes beeinträchtigen." Die Gestalt des Zodiakallichtes ist pyramidal, erstreckt sich bis zu 50 und mehreren Graden und hat an ihrer Basis eine Breite von 8 bis 30 Graden. Weil in den Aequatorgegenden die Dämmerungen sehr kurz sind und die Ekliptik stets nahe am Scheitelpunkte vorübergeht, so sieht man es dort fast das ganze Jahr hindurch. „Wer, sagt Humboldt, Jahre lang in der Palmenzone gelebt hat, dem bleibt eine liebliche Erinnerung von dem milden Glanze, mit dem das Thierkreislicht, pyramidal aufsteigend, einen Theil der immer gleich langen Tropennächte erleuchtet. Ich habe es, und zwar nicht nur in der dünnen und trockenen Atmosphäre der Andesgipfel auf zwölf- oder vierzehntausend Fuß Höhe, sondern auch in den grenzenlosen Grasfluren (Llanos) von Venezuela, wie am Meeresufer, unter dem ewig heiteren Himmel von Cumana, bisweilen intensiv leuchtender als die Milchstraße im Schützen gesehen. Von einer ganz besonderen Schönheit war die Erscheinung, wenn kleines duftiges Gewölk sich auf dem Zodiakallichte projizirte und sich malerisch abhob von dem erleuchteten Hintergrunde." In unseren Gegenden ist, wie gesagt, die Erscheinung nur im Frühling gleich vor der Morgendämmerung am östlichen, und im Herbst gleich nach der Abenddämmerung am westlichen Himmel sichtbar, natürlich bei heiterem Himmel, und zeigt sich in Form einer gegen den Horizont schief liegenden und sich längs dem Thierkreise erstreckenden Pyramide.

2. Die Planeten. Als der nächste Planet an der Sonne verschwindet der Merkur für uns meistens in den Strahlen derselben, und man erblickt ihn nie anders als im März und April in der Abenddämmerung, wenn er seinen größten östlichen Abstand von der Sonne hat, und im September und Oktober in der Morgendämmerung, wenn er seine größte westliche Ausweichung hat. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist 0,3870938 oder nahe 8 Mill. Meilen. Die starke Exzentrizität seiner Bahn (0,205616), die jetzt in langsamem Zunehmen begriffen ist, entfernt ihn bis auf ungefähr 10 und 6¼ Mill. Meilen. Die Neigung der Bahn gegen die Erdbahn ist 7° 0′ 13″,3 und sie nimmt jährlich 0″,184 zu. Nach Erdentagen gemessen, vollendet er seinen Umlauf in 87 T. 23 St. 15′ 46″; seine tropische Umlaufszeit ist wegen des Zurückweichens der Nachtgleichen etwas kürzer, wie bei allen anderen Planeten, und beträgt 87 T. 23 St. 14′ 35″. Seine Rotationsperiode, wie dieselbe aus übrigens sehr schwer wahrnehmbaren Flecken auf seiner Oberfläche gefunden worden ist, beträgt 24 St. 5 Minuten: ein sehr ungewisses Datum. Seine Jahreszeiten dauern jede durchschnittlich 22 Tage, es kann aber über sie nichts Näheres angegeben werden, weil uns die Neigung seiner Achse gegen die Ebene seiner Bahn noch unbekannt ist. Eine Abplattung hat man noch nicht wahrgenommen, weil sie wahrscheinlich für uns ganz unmerklich ist. Sein wahrer Durchmesser beträgt 671 Meilen,

und seine größte und kleinste Entfernung von der Erde 30 und 11 Millionen Meilen.

Weil Merkur in Fernröhren in verschiedenen Lichtphasen erscheint, so würde er schwerlich sichtbar sein, wenn er nicht, wegen seiner Nähe an der Sonne, von ihr fast 6 Mal stärker erleuchtet wäre als die Erde. Ob er auch eben so vielmal stärker erwärmt werde, kann man deshalb nicht wissen, weil uns unbekannt ist, ob seine Fähigkeit, erwärmt zu werden, dieselbe ist, wie bei unserer Erde. Wenn man ihn sieht, erscheint er als ein silberstrahlender Punkt und leuchtet mit einem so ausgezeichnet hellen Lichte, daß, wenn er zufällig mit einem entfernteren Planeten, wie es z. B. 1804 mit dem Jupiter geschah, zusammenkommt, letzterer in bleichem, fast nur dämmernd hellem Lichte gegen ihn erscheint. — Ob die auf seiner Oberfläche beobachteten Flecken Wolkenbedeckungen, zufolge deren man ihm eine Atmosphäre zuzuschreiben hätte, seien oder nicht, ist unentschieden, und ebenso, ob die Ungleichheit seiner Oberfläche von Gebirgshöhen herrühre.

Die Venus ist einer der schönsten Sterne am Himmel, Jedermann bekannt als Morgen- und Abendstern und wegen seines blendendweißen Lichtes, das ihn unter günstigen Umständen selbst bei Tage sichtbar macht. Die mittlere Entfernung der Venus von der Erde beträgt nahezu 15 Mill. Meilen. Die Exzentrizität ihrer Bahn ist unter allen Planetenbahnen die geringste, sie beträgt 0,0068183 und vermindert sich in 100 Jahren um 0,0001088. Die größte Entfernung von der Sonne ist 0,7282636, und die kleinste 0,7184002, ein Unterschied von etwa 200000 Meilen. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist 3° 23′ 31″,4 mit einer jährlichen Zunahme von 0″,072. Die siderische Umlaufszeit der Venus beträgt 224 T. 16 St. 49′ 7″, die tropische 224 T. 16 St. 41′ 25″. Zur Umlaufszeit der Erde verhält sie sich nahe wie 5 : 8. Ueber die Rotationsperiode der Venus herrscht eine große Verschiedenheit der Ansichten, während die einen ihr eine Dauer von 24 Tagen geben, dauert dieselbe nach anderen 23 St. 15′ bis 21″, was das wahrscheinlichere ist. Die Neigung des Venusäquators gegen seine Bahn wird zu 73° angegeben. Der wahre Durchmesser der Venus ist 1717 Meilen nach Mädlers Messungen, fast genau dem Durchmesser der Erde gleich; die Abplattung scheint eben so wenig merklich zu sein als bei Merkur. Die Masse der Venus ist um etwa 1/200 größer als die der Erde, und da auch die Durchmesser beider Körper nahe gleich sind, so werden für beide auch die Dichtigkeiten, Fallhöhen, Pendellängen, Gewichte der einzelnen Körper nahe dieselben sein. Die Venus entfernt sich von der Erde von 5¼ bis 36 Mill. Meilen; kein Planet kommt der Erde so nahe, aber dann befindet sich die Venus in der unteren Konjunktion (§ 35).

Da der erleuchtete Theil der Venus sich wie der des Merkur etwas kleiner zeigt als die Rechnung für eine mathematische Kugel und gradlinigte Licht-

strahlen ergibt, so schließt man daraus auf gebirgige Unebenheiten und eine Atmosphäre der Venus; die letztere wird überdies noch durch Trübungen, die sich in der Auf- und Niedergangszone bilden, erstere durch das von einigen Beobachtern wahrgenommene fein gezähnte Ansehen der Lichtgrenze (wie beim Monde) wahrscheinlich. „Venus ist derjenige Planet, der in den meisten Beziehungen der Erde ähnlicher ist als irgend ein anderer. Sein Jahr, sein Tag, seine Gestalt, Größe und Masse und Alles davon Abhängende sind wenig von den unsrigen verschieden; auch die Stärke des Sonnenlichts kommt dem auf der Erde am nächsten.

Leicht kenntlich, wie die Venus, ist der zu allen Zeiten der Nacht sichtbare Mars mit seinem röthlichen Lichte, das am hellsten zur Zeit der Opposition der Planeten ist, während welcher er als ein Stern erster Größe glänzt. Der Mars steht in seiner mittleren Entfernung 1,523691, oder nahe 32 Mill. Meilen von der Sonne; seine größte Entfernung ist 1,6657795 mit einer sekulären Vermehrnng von 0,000137; die kleinste ist 1,3816025 mit einer der vorigen entsprechenden Verminderung. Die Exzentrizität seiner Bahn ist 0,0932528 und verändert sich in einem Jahrhundert um 0,0000901. Seine Entfernung von der Erde wechselt zwischen 7¾ und 55 Mill. Meilen. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist 1° 51′ 4″,7 mit einer unbedeutenden jährlichen Verminderung von — 0″,013. Die Rotationsperiode beträgt 24 St. 37′ 23″,7 und die Umlaufszeit 668⅓ Marstage, so daß jedes dritte Jahr als ein Schaltjahr von 669 Tagen angesehen werden kann. Der wahre Durchmesser ist 892 geogr. Meilen und die Dichtigkeit = 0,948 von der der Erde; die Schwerkraft, Fallhöhen, Pendellängen sind auf ihm gerade halb so groß als bei uns. Seinem körperlichen Inhalte nach ist Mars 7 Mal kleiner als die Erde und 7 Mal größer als der Mond.

In der Erdnähe kann man durch gute Fernröhren Flecken verschiedener Art auf dem Mars wahrnehmen. Die einen Flecken sind von verschiedener Färbung und Intensität; ihre in kurzer Zeit merkliche Fortrückung zeigt, daß Mars eine Rotation von Westen nach Osten hat. Viel auffallender als diese Flecken sind zwei weiße, sehr stark glänzende, die an den Polen der Marskugel sich befinden. Beide Flecken verengern und erweitern sich wechselsweise, die Jahreszeit, wo beide am kleinsten sind, stimmt mit Mitte Juli und Januar unserer Erde überein, der Südpolfleck zieht sich in viel engere Grenzen zusammen, dehnt sich dagegen im Winter auch viel weiter aus als der Nordpolfleck. Diese Erscheinungen stimmen auf eine überraschende Weise genau mit dem Jahreszeitverhältniß des Mars überein, wenn man in diesen weißen Flecken einen Winterniederschlag annimmt. „Die Farbe führt am natürlichsten auf Schnee, und schon frühere Beobachter haben deshalb diesen Flecken den Namen Schneezonen gegeben. Wenigstens ist auf unserer Erde nichts zu finden, was in großen Massen einen so blendenden

Glanz veranlassen könnte, als die Schneegürtel unserer Pole. Auf keinem anderen Planeten gewahren wir so scharf kontrastirende Flecken, und ich entsinne mich einer Beobachtung im Jahr 1837, wo Mars hinter Gewölk verschwunden war, der weiße Fleck aber dennoch im Fernrohr sichtbar blieb und wie ein Fixstern das Gewölk durchbrach." Hat nun der Mars Schnee oder einen ihm ähnlichen Winterniederschlag, so hat er auch eine Atmosphäre, was auch daraus hervorgeht, daß die übrigen Flecke der Kugel nur dann ziemlich deutlich erscheinen, wenn sie in den mittleren Gegenden der Scheibe stehen, aber unkenntlich werden oder ganz verschwinden, wenn sie sich dem Rande nähern. „Wo sich eine Atmosphäre befindet und Schnee niederschlägt, wo Jahreszeiten mit einander abwechseln, wird es auch nicht an Wolken und Winden fehlen, allein da selbst in der größten Erdnähe des Mars eine Bogensekunde gegen 40 Meilen umfaßt, so wird eine Bewegung, die von der Rotationsbewegung verschieden und uns wahrnehmbar ist, eine sehr rasche sein müssen." Es ist sehr wahrscheinlich, daß Mars gebirgsartige Unebenheiten hat, wenn sie aber von der Erde aus wahrgenommen werden sollten, so müssen sie 20 und mehr Meilen hoch sein. Der Unterschied der Jahreszeiten muß auf dem Mars größer sein als auf der Erde, weil seine Rotationsachse gegen seine Bahn um mehr als 27° geneigt ist, und man will gefunden haben, daß sich der Sommer seiner nördlichen Halbkugel zu dem der südlichen verhalte, der Dauer nach, wie 19 : 15, der Intensität nach, wie 20 : 29, daß also der Süden im Sommer eine kräftigere, der Norden dagegen eine länger dauernde Wärme genieße, daß dagegen im Winter die Südhalbkugel in beiden Beziehungen im Nachtheil stehe.

Jenseits des Mars folgen Planeten, die durch die großen Exzentrizitäten und Neigungen ihrer Bahnen viele Aehnlichkeit mit den Kometen haben: es sind die Asteroiden. Diese Aehnlichkeit wird noch größer durch die Lichtatmosphären, von denen sie oft, wie von einem Nebel, eingehüllt sein sollen. Dann ist ihr eigentlicher Kern unsichtbar, während sie zu anderer Zeit ganz klein erscheinen und mit scharf begrenztem Fixsternlicht leuchten. Unsere Kenntniß dieser Körper ist übrigens in manchen wesentlichen Beziehungen eine mangelhafte und wird es wol immer bleiben, aber immerhin deutet das, was man von ihnen kennt, darauf hin, daß mit ihnen eine Planetenreihe auftritt, die in ihren Verhältnissen und Gestaltungen von den vier inneren Planeten sehr verschieden sind.

Die mittlere Entfernung der Vesta von der Sonne ist 2,36148 oder 49 Mill. Meilen, die Exzentrizität 0,088560, also die kleinste Entfernung = 2,15235 und die größte = 2,57061, oder 44½ und 53½ Mill. Meilen (von der Erde 23 und 74 Mill. Meilen). Die Neigung der Bahn ist 7° 7' 57",3; die siderische Umlaufszeit 3 J. 229 T. 17 St. 38', die tropische 3 J. 229 T. 13 St. 9". Die Vesta ist in der Regel der hellste der

kleinen Planeten, und ihr Durchmesser noch nicht bestimmt, aber jedenfalls sehr klein.

Die mittlere Entfernung der Juno ist 2,66946 oder 55 Mill. Meilen, die Exzentrizität ihrer Bahn, die größte aller planetarischen, 0,255560 und die beiden Extreme der Entfernung sind 1,98725 und 3,35167 oder 41 und 69 Mill. Meilen (von der Erde 21 und 90 Mill. Meilen). Die Neigung der Bahn beträgt 13° 2′ 10″,0; die siderische Umlaufszeit ist 4 J. 132 T. 1 St. 26′, die tropische 4 J. 131 T. 19 St. 8″. Der Durchmesser, den man zu 300 oder 360 Meilen bestimmte, ist noch nicht ermittelt, Mädler hält aber die angegebene Größe für übertrieben. Juno zeigt sich in sanftem weißem Lichte, das Veränderungen unterworfen ist, die nicht vom Abstande herzurühren scheinen.

Ceres hat eine mittlere Entfernung von 2,77091 oder 57 Mill. Meilen; die Exzentrizität ist 0,0767378, ihre kleinste Entfernung von der Sonne somit 52½ und 61½ Mill. Meilen (von der Erde 32 und 82 Mill. Meilen); die Neigung der Bahn ist 10° 36′ 55″,7. Die siderische Umlaufszeit ist 4 J. 223 T. 17 St. 38′, die tropische 4 J. 223 T. 10 St. 25′. „Von ihrer Umdrehungszeit, der Lage ihrer Achse, ihrer etwanigen Abplattung, Beschaffenheit ihrer Oberfläche u. dgl. wissen wir nichts. Schon der höchst geringe Durchmesser läßt auf eine sehr kleine Masse schließen, dies erhält eine Bestätigung dadurch, daß die Beobachtungen uns noch nichts von einer Wirkung dieser Masse auf die Bewegungen anderer Welkörper gezeigt haben.“

Die mittlere Entfernung der Pallas ist 2,77263 oder 57 Mill. Meilen, die Exzentrizität 0,241998, die kleinste Entfernung somit 2,10166, die größte 3,44360, oder nahe 43 und 71 Mill. Meilen (von der Erde 24 und 91 Mill. Meilen). Die Neigung der Bahn, unter allen planetarischen die stärkste, beträgt 34° 35′ 49″,1. Die siderische Umlaufszeit ist 4 J. 225 T. 7 St. 19′; die tropische 4 J. 22 T. 0 St. 4′. Die Bahn der Pallas ist auch gegen die Bahn der Ceres sehr stark geneigt, „wäre dies nicht der Fall, so würden beide Planeten einander zuweilen sehr nahe kommen, oder selbst auf einander treffen; ebenso würden sie, da ihre Umlaufszeiten sich so wenig unterscheiden, eine lange Zeit nahe hinter einander herlaufen.“ Der Dnrchmesser ist in neuester Zeit zu 145 geogr. Meilen bestimmt worden, Mädler glaubt aber, er sei eher zu groß als zu klein. „Ungemein gering muß die Schwere auf diesem Weltkörper sein. Setzen wir seine Dichtigkeit der der Erde gleich, so ist sie 12 Mal geringer als bei uns, und 100 Pfd. sind dort nur 8½; die Fallhöhe ist 1¼ Fuß, die Pendellänge 3 Zoll. Diese Annahme ist aber vielleicht noch zu stark, da die meisten Planeten eine geringere Dichtigkeit als unsere Erde haben.“

Wir gelangen nun zur dritten Gruppe der Planeten, zu den großen,

wenig dichten, stark abgeplatteten, schnell rotirenden, monden- und ringreichen Planeten, von denen der erste

Jupiter ist der größte Planet unsers Systems, der sowol dem Volumen als der Masse nach alle anderen zusammen überwiegt, so daß er, wenn die Sonne verschwände, der Zentralkörper des Systems werden würde. Die mittlere Entfernung des Jupiter von der Sonne ist 5,202767 und seine Exzentrizität 0,0482235, mit einer sekulären Zunahme von 0,0001535. Die kleinste Entfernung ist demnach jetzt = 4,951871, die größte 5,453663. Den angegebenen Distanzen entsprechen für 1840 102½, 107½, 112½ Millionen Meilen. Von der Erde sind seine Entfernungen 82 und 133 Mill. Meilen. — Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist 1° 18′ 42″,4 mit einer Verminderung von jährlich 0″,23. — Der Aequatordurchmesser ist 20018, der polare 18524 und der mittlere also 19270 geogr. Meilen. Der körperliche Inhalt ist 1414 Mal der der Erde; die Abplattung geben die einen zu 1/14, die anderen zu 1/17 an, immerhin also äußerst beträchtlich. Die **Dichtigkeit** Jupiters ist 0,239, oder noch nicht ¼ der Erddichtigkeit, und kommt der der Sonne am nächsten. Die Bestandtheile Jupiters sind also 4 bis 5 Mal lockerer als die der Erde. — Die Rotation der Jupiterkugel ist außerordentlich schnell, ihre Periode beträgt 9 St. 55′ 26″,56 und ist um wenig langsamer als die der Revolution. Die Neigung seines Aequators gegen die Ebene seiner Bahn ist 3° 6′, 7½ geringer als die Neigung des Erdäquators. Die Unterschiede der Jahreszeiten müssen daher sehr unbeträchtlich sein. Die angegebene Dauer der Rotation folgt aus der Beobachtung zweier scharf umrissener Flecke, die Mädler und Beer vom Nov. 1834 bis zum April 1835 allnächtlich, wenn die Witterung es zuließ, verfolgten. Die Flecke machten in dieser Zeit 400 Umdrehungen, und die herausgebrachte Periode scheint auf ¼ Sek. etwa genau zu sein.

Bei der geringen Neigung der Jupitersachse können die Unterschiede der Tageslängen auf dem Jupiter nicht bedeutend sein, und betragen beiläufig blos ½ Stunde. Es ist daher wahrscheinlich auch das Klima nicht solchen Wechseln unterworfen, wie bei uns, und ein Unterschied von Sommer und Winter erst in der Nähe der Pole bemerkbar. Bedenkt man nun, daß der Jupiter zu einem siderischen Umlauf 11 J. 312 T. 20 St. 2′ 7″ (der tropische ist 11 J. 312 T. 20 St. 14′ 10″), oder 10776 Jupiterstage gebraucht, so erhalten wir klimatische Verhältnisse, welche von denen auf unserer Erde sehr verschieden sind.

Der Jupiter ist an seinem hellgelben, dabei glänzenden Lichte als ein Stern erster Größe am Himmel leicht kenntlich. Auf diesem gelblichen Grunde erblickt man graue oder braungraue **Streifen**, die, im Allgemeinen mit dem Jupiteräquator parallel, über die Kugel hinziehen. Zwei derselben, zwischen denen der Aequator in einer schmalen Zone liegt, ziehen sich um die

ganze Planetenkugel herum; sie sind mehr bleibend, während andere wandelbarer Natur und stets matter und schmaler sind. Nach den Polen zu macht das Gelb der Kugel einem matten bleifarbigen Grau Platz. Die Ränder der beiden Hauptstreifen in der Mitte sind zuweilen scharf, zuweilen erscheinen sie knotig, mit Einbuchten und Vorsprüngen, auslaufenden Armen und verschiedentlicher Schattirung. Während die Gestalt dieser Streifen sich zum Theil sehr langsam ändert, gehen mit anderen schnellere Veränderungen vor; es geschieht auch, daß sich ein solcher Streifen eine kurze Zeit hindurch in lauter feine Pünktchen auflöst, oder zuweilen nicht ganz herumgeht, sondern plötzlich abbricht. Man weiß auch von einem großen Fleck, der über 50 Jahre stehen blieb. Man will auch Flecke beobachtet haben, die eine eigene Bewegung haben, schneller als die der Rotation, und dachte dabei an das ziehende Gewölk der Erde, das von starken Winden getrieben wird; natürlich müßten dies auf dem Jupiter Orkane sein, welche die unsrigen um mehr als 100 Mal überträfen. Andere Beobachter haben von so heftigen Bewegungen nie eine Andeutung wahrgenommen, und so dürfte obige Erklärung eine gewagte sein. Man sieht die Streifen gewöhnlich nach den Rändern zu matt und unbestimmt abfallen und verbleichen; ebenso kann man keinen wirklichen Fleck Jupiters bis zum Rande mit Sicherheit verfolgen.

Man hält diese Streifen für Wolkenhaufen, welche wegen der außerordentlich schnellen Rotation der Planeten sich zonenartig ausdehnen, und es ist sehr wahrscheinlich, daß Jupiter von einer sehr dichten Atmosphäre umgeben sei, die uns vielleicht den Anblick der wahren Kugeloberfläche nicht gestattet: wirklich scheinen feste Oberflächentheile unter den bisher beobachteten Flecken nicht vorgekommen zu sein. „Die Gegenden an den Polen, und bis zu 40° Breite hin, genießen wahrscheinlich nie einen heiteren Himmel, und auch die übrigen wol nur unvollkommen.“ Mädler ist der Ansicht, daß auf Jupiters Oberfläche keine organisch verbreitete Flüssigkeit von der Dichte unsers Wassers vorkommen könne, und zwar deshalb nicht, weil die spezifische Schwere der an der Oberfläche befindlichen Theile die Dichte unsers Wassers nicht erreiche, demnach ein Gleichgewicht nicht bestehen könnte, wenn Ozeane von dieser Dichtigkeit vorhanden wären, so wenig es auf unserer Erde bestehen würde, wenn die Ozeane statt Wasser Quecksilber enthielten.

Von den Monden Jupiters ist oben schon beiläufig die Rede gewesen, und ich bemerke hier nur, daß die Größe des Hauptkörpers und die Kleinheit der Neigungen der Mondbahnen Ursache sind, daß jeder Umlauf dieser Monde eine Sonnen- und eine Mondfinsterniß mit sich führt, die mit geringen Ausnahmen total sind.

Unter den drei großen äußeren Planeten ist der Ordnung, dem Volumen und der Masse nach Saturn der mittlere. Er ist von der Sonne im Mittel 9,538850 oder 197¼ Mill. Meilen entfernt; seine Exzentrizität ist 0,0560265.

Seine größte Entfernung von der Sonne ist gegenwärtig 10,073278, seine kleinste 9,004422, oder 208¼ und 186¼ Mill. Meilen (von der Erde 165½ und 229 Mill. Meilen). Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist 2° 29′ 29″,9, die Abplattung ist $^1/_{102}$, also stärker als die von Jupiter. Der wahre Aequatordurchmesser beträgt 16305, der polare 14696 Meilen, und der mittlere, oder der Durchmesser einer Kugel von gleichem Volum beträgt 15769 Meilen. Die Gesammtmasse des Saturnssystems ist $^1/_{3500,2}$ der Sonnenmasse, wovon auf den Saturnkörper $^1/_{3530,1}$ kommen; der Saturn ist somit nur 100,4 Mal schwerer als unsere Erde. Da er aber 772 Mal größer ist, so wird seine Dichtigkeit nur 0,130 der Erddichtigkeit, oder etwa ⅛ (Tannenholz oder geringer als irgend eine Flüssigkeit bei uns).

Der Saturn leuchtet mit einem mattröthlichen Lichte als ein Stern erster Größe, besonders zur Zeit seiner Opposition mit der Sonne, deren Scheibe und Licht auf ihm 90 Mal kleiner und schwächer erscheint als auf der Erde. Er verändert seine Stelle am Himmel nur langsam, denn seine auf einander folgenden Oppositionen stehen am Himmel nur 12 — 13 Grad aus einander und die tägliche heliozentrische Bewegung in Länge ist nur 2 Minuten.

Rings um die Saturnkugel zieht ein bleibender grauer Streifen ganz nahe am Aequator, schwerer sichtbar als die Jupitersstreifen, der aber von ähnlicher Natur, wie diese, zu sein scheint. Herrschel entdeckte noch andere fleckenartige Verdickungen, woran er eine Rotation von 10 St. 29′ 17″ erkannte. Ist diese Rotationsperiode sicher, so hat das Saturnsjahr 24620 Saturnstage = 10759 Erdentage. „Dieser Rotationsschwung, verbunden mit der beträchtlichen Abplattung, setzt die Schwerkraft, welche am Aequator Saturns Statt findet, fast auf die Hälfte derjenigen herab, die den Polen zukommt. Letztere ist 1,37 der Schwerkraft an den Erdpolen und die Fallhöhe beträgt 20,74 Fuß; am Saturnsäquator dagegen ist sie nur 11,41 Fuß und die Schwerkraft 0,75 der auf der Erde stattfindenden. 100 Pfd. auf der Erde wiegen folglich an Saturns Polen 137 und am Aequator 75 Pfunde, der stärkste Unterschied dieser Art, den wir im Sonnensysteme kennen.“

Eine räthselhafte Eigenthümlichkeit des Saturn sind die ihn konzentrisch umgebenden, sehr breiten und dabei sehr dünnen Ringe. Sie sind nicht mit ihm verwachsen, sondern schweben frei in der Ebene des Saturnsäquators, dem also nur die innere schmale Kante des innersten Ringes zugewandt ist. „Will man die breiten Flächen dieses und der übrigen Ringe sehen, so muß man, sei es auf dem Saturn oder wo sonst immer auf dem Weltraume, sich aus der Ebene des Saturnsäquators nach Norden oder Süden entfernen.“ Die Breite sämmtlicher Ringe, die Zwischenräume mitgerechnet, beträgt 6047 Meilen und der Abstand von der Oberfläche Saturns 4594 Meilen.

Ihre Dicke ist sehr unbeträchtlich. Nach älteren Beobachtungen erschien der Ring in zwei von ungleicher Breite getheilt, neuere Beobachtungen dagegen entdeckten noch mehrere Theilungen, die sämmtlich im äußeren Ringe wahrgenommen wurden, und es kommen von obigen 6047 Meilen 3733 auf den inneren Ring, 387 auf den großen Zwischenraum und 1927 auf die äußeren Ringe, mit Inbegriff der einzelnen Zwischenräume. Die verschiedenen Ringe liegen nicht genau in einer Ebene, sondern ihre Ebenen haben kleine Neigungen gegen einander und gegen den Aequator Saturns. Die Ringe zeigen ferner Unebenheiten und Verbiegungen, von denen jene gebirgiger Art sind. Herrschel fand fünf heller glänzende Punkte, welche nicht Trabanten sein konnten, und vermittelst deren er auch die Rotation der Ringe auf 10 St. 32′ bestimmte. Endlich fällt das gemeinschaftliche Zentrum der Ringe nicht mit dem Zentrum Saturns zusammen, und ihre Exzentrizität scheint 0″,25 oder 200 Meilen zu betragen. Die Dicke des Ringes nimmt man zu $29^3/_5$ geogr. Meilen an, was von der Erde aus gesehen für die Oppositionen Saturns nur etwa $^1/_{30}$ Sekunde beträgt.

Die Erscheinungen, welche Saturn und sein Ring sich gegenseitig darbieten, gehören zu den wunderbarsten und großartigsten Phänomenen im Sonnensystem. Nicht für alle Gegenden Saturns ist der Ring zwar sichtbar. Die Sichtbarkeit beginnt vom Pole aus nach dem Aequator unter dem 66° 36′ der Saturnsbreite, wo man die äußerste Kante erblickt; unter 63° 37′ sieht man den Anfang der großen Theilung, unter 62° 57′ die äußere Kante des inneren Ringes und unter 53° 28′ die innerste Kante. In höheren Breiten bleiben die Ringe stets unter dem Horizonte, unter dem Aequator aber steht man ihnen am nächsten, und sie gehen dort von Osten nach Westen durch's Zenith. Allein man sieht nur die innere schmale Kante, und der Ort, wo sie in ihrer größten Breitenerstreckung gesehen werden, liegt auf Saturn unter 37° 30′, wo das große System 15° 26′,2 in der Breite einnimmt. „Für eine bestimmte Gegend der Saturnskugel behalten die Ringe stets eine bestimmte Lage am Himmel und bilden große Bogen, parallel der täglichen Bewegung der Sonne und der übrigen Gestirne. Während des Sommerhalbjahres einer jeden Halbkugel vollendet die Sonne ihren täglichen Lauf oberhalb dieser Bogen, und man sieht ihre erleuchtete Seite sowol bei Tag als bei Nacht, doch fehlt während der letzteren ein vom Saturnsschatten getroffenes Stück. — Während des Winterhalbjahres dagegen sieht man nicht allein nichts vom Ringe, sondern er raubt auch den Bewohnern Saturns einen großen, ja einigen Gegenden den größten Theil des Lichtes, was sie ohne ihn von der Sonne empfangen würden. Sobald nämlich das Herbstäquinoktium eintritt, verdunkelt sich fast plötzlich das ganze Ringsystem und sein Ort am Himmel ist alsdann nur dadurch wahrnehmbar, daß er eine beträchtliche Anzahl von Sternen fortwährend verdeckt. Man sieht die

Sonne in ihren Tagesbogen dem Ringe täglich näher kommen und endlich die äußerste (obere) Kante desselben erreichen, womit eine große Sonnenfinsterniß beginnt, welche mehrere Erdjahre dauert. Sie wird auf eine kurze Zeit durch die Theilungen, welche für den Sonnenschein offene Lücken gewähren, unterbrochen und die Mitte dieser großen Finsterniß fällt mit der Mitte des Winters zusammen, außer in den Gegenden, wo die Sonne unterhalb des Ringes in den kürzesten Tagen wieder zum Vorschein kommt, was zwischen dem $23\frac{1}{3}^\circ$ nördlicher und südlicher Breite geschieht. Hiernach ist es keinem Zweifel unterworfen, daß die von früheren Astronomen häufig geäußerte Ansicht, als sei der Ring bestimmt, dem Saturn etwas mehr Licht zu verschaffen, gänzlich fallen muß. Saturn würde ohne seinen Ring weit mehr Sonnenlicht genießen als unter den angegebenen Umständen." — Wie stellt sich aber Saturn seinen Ringen dar? „Stellt man sich auf eine der Flächen des Rings, so erblickt man vom Horizont aus die halbe Saturnskugel sich erheben in einer Größe, wie kein einziger Weltkörper von irgend einem physisch möglichen Standpunkt außerhalb ihm erscheint. Die Halbkugel, oder richtiger Halbellipse hat für die äußerste Kante einen Aequatordurchmesser von 51° und einen Polarhalbmesser von $26^\circ,4$; für die innerste Kante dagegen steigen diese Werthe auf 82° und $36^\circ,3$. Stellt man sich auf die innerste Kante selbst, etwa in der Mitte zwischen beiden Flächen des inneren Ringes, so sieht man im Zenith die Kugel Saturns an scheinbarer Größe unsere Sonne 20000 Mal übertreffend und den 8ten Theil des Himmels einnehmend; der Boden aber, auf welchem der Beobachter steht, spannt sich rechts und links sichtbar zum Himmel empor, und umfaßt die Riesenkugel, indem er hinter ihr zusammenschließt, so daß ein Horizont im eigentlichen Sinne nur nach zwei Seiten des Himmels hin, nicht aber rings herum, Statt findet. Welch ein imposantes Panorama!"

Zu diesen Ringen kommen, wie wir wissen, noch 7 Monde. Auch sie, wie die Jupitersmonde, erleiden und bewirken Finsternisse, jedoch seltener als diese, weil ihre Bahnen gegen die Bahn Saturns bedeutend geneigt sind, und ereignen sich stets nahe um die Zeit, wo der Ring verschwindet, und es folgen dann jedesmal eine ganze Reihe ununterbrochen auf einander.

Uranus, der entfernteste aller Planeten, wurde am 13. März 1781 von Herrschel entdeckt. Er hielt ihn zuerst für einen Kometen, überzeugte sich aber bald von seiner planetarischen Natur. Seine mittlere Entfernung ist 19,18239 oder $396\frac{1}{2}$ Mill. Meilen; die Exzentrizität = 0,0466108, die größte Entfernung 20,07650 (415 Mill. Meilen) die kleinste 18,28828 (378 Mill. Meilen). Von der Erde ist er $435\frac{3}{4}$ und $357\frac{1}{4}$ Mill. Meilen entfernt. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist 46′ 28″,0. Die siderische Umlaufszeit ist 84 J. 5 T. 19 St. 41′ 36″; die tropische 83 J. 271 T. 3 St.

48′ 5″, und seine Fortrückung im Raume beträgt täglich nur 0,9 Meilen. Die Masse des Uranus ist = 1/17918 der Sonnenmasse, oder 19,8 Mal die der Erdmasse; die Dichtigkeit = 0,240. Nach anderen Beobachtungen ist seine Masse nur 1/24605, oder 14,4 Erdmassen und die Dichtigkeit 0,1756. Hiernach ist er weniger dicht als Jupiter, aber dichter als Saturn, und es ergibt sich für ihn eine Fallhöhe von 11½ par. Fuß in der ersten Sekunde und ein Gewicht von 76,3 Pfund für einen Körper, der auf der Erde 100 Pfund wiegen würde. Das Sonnenlicht ist auf ihm 368 Mal schwächer als auf der Erde.

Es bewegen sich um den Uranus eine noch unbekannte Zahl von Trabanten; die Lage der Bahnen steht bei den beiden sicheren nahe senkrecht auf der Bahn des Uranus. „Da in den beiden anderen mehrgliedrigen Partialsystemen die Trabantenbahnen mit den Aequatoren ihrer Hauptplaneten sehr nahe zusammenfallen, so ist auch bei den Uranusmonden dasselbe zu vermuthen, und der Aequator dieses Planeten steht folglich senkrecht auf seiner Bahn. Die Sonne erhebt sich für jeden der Pole zu Zeiten in's Zenith, wo sie dann eine lange Zeit fast unverrückt stehen bleibt. Jeder der Pole hat einen Tag von 42 Erdenjahren und eine eben so lange Nacht. Was wir Polarkreise nennen, fällt dort mit dem Aequator, sowie das Analogon unsrer Wendekreise mit den Polen zusammen. Die Jahreszeiten (insofern die Sonnenwärme dort noch in Betracht kommen kann) haben die größtmöglichste Differenz. Von unserer Erde würde, wenn die Lage der Achse der des Uranus gleich wäre, der größte Theil unbewohnbar sein und überall ungeheuer hohe Grade von Hitze und Kälte herrschen.″

3. Die Kometen. Man kann den physischen Beschaffenheiten nach zweierlei Arten von Kometen unterscheiden, beide kommen aber darin mit einander überein, daß es ihnen an einem festen, planetarischen, dunkeln und undurchsichtigen Kerne fehlt, daß aber die meisten dennoch eine oft sehr starke Verdichtung ihres Glanzes zeigen, die nach einem Punkte im Inneren der Masse (selten in der Mitte) hinliegt. Bei den einen Kometen umgibt nun diesen Kern eine nebiige Hülle, die nach Außen zu dünner wird und sich in's Unbestimmte verliert. Kometen dieser Art sind dem bloßen Auge gewöhnlich unsichtbar. Die Kometen der anderen Art sind geschweift. Ihren glänzenden Kern umgibt auch hier eine matte Hülle, aber diese verlängert sich auf einer Seite, in der Regel auf der von der Sonne abgewandten, zu einem Schweife von mehreren, selbst 60 bis 90 Graden Länge, was auf Millionen von Meilen führt, und verliert sich dann in's Unbestimmte. Der Schweif erscheint unter mannigfaltigen Formen; bei den einen Kometen ist er gerade, bei anderen fächerförmig, gebogen, flammenartig geschwungen. Eine seltene Ausnahme von der Regel, nach welcher die Schweife von der Sonne abgewendet sind, machte der Komet von 1823 mit zwei Schweifen,

deren einer der Sonne zu-, der andere von ihr abgewendet war, und die unter einander einen Winkel von 160° bildeten. Noch seltener, als die doppelten sind mehrfache Schweife; im Jahr 1744 erschien ein Komet mit sechsfachem Schweif; andere haben zwei Zweige, wie die Kometen von 1807 und 1843, bei denen die Zweige aber verschiedene Länge hatten. Nie zeigt der Schweif eines wiederkehrenden Kometen dieselbe Gestalt, auch sind sie überhaupt sehr großen, nicht blos optischen, Veränderungen unterworfen.

Bei allen Kometen sind die sogenannten Kerne, Nebelhüllen und Schweife durchsichtig und bewirken keine Brechung des Lichtstrahls. Bessel und Struve sahen Fixsterne nur wenige Sekunden vom Mittelpunkte hinter dem Kerne, der über sie hinwegging, und sie weder unsichtbar machte, noch selbst erheblich schwächte, und überzeugten sich durch genaue Messungen, verglichen mit Berechnungen über die Bewegung des Kometen, daß keine Refraktion den Ort derselben verändert habe. Die Masse also, sagt Mädler, aus welcher der Komet besteht, ist nicht gasförmig, sondern muß aus diskreten, durch leere Zwischenräume getrennten Theilen bestehen. Und dennoch ist es Thatsache, daß die Kometen Sonnenlicht reflektiren und keineswegs mit eigenem Lichte leuchten. Darauf deutet die größere Helligkeit der Kometen bei ihrer Annäherung an die Sonne und ihr Verschwinden bei zunehmender Entfernung von der Sonne zu einer Zeit, wo sie ihrem Durchmesser nach noch lange sichtbar bleiben müßten. Damit hängt vielleicht auch zusammen, daß sich ihr Schweif bei der Annäherung zur Sonne verlängert, und bei der Entfernung von derselben verkürzt oder verschwindet.

Masse und Dichtigkeit der Kometen ist ungemein klein, und namentlich die letztere viele tausendmal geringer als selbst die der allerdünnsten Luft. Denn, wie schon § 41 gesagt worden ist, hat noch nie ein Komet die geringste Spur einer Wirkung geäußert, selbst dann nicht einmal, wo er einem Planeten sehr nahe kam. Gleichwohl sind sie den Gesetzen der Schwere unterworfen, indem sie in Kegelschnitten um die Sonne laufen, können daher nicht für gänzlich immateriell gehalten werden. „In der That ist es aber auch nur eine solche passive Materialität, die wir an ihnen wahrnehmen, und es hat in dieser Beziehung wirklich etwas Komisches, daß gerade diese gefahrlosesten aller Weltkörper zu so ängstlichen Besorgnissen rücksichtlich des Zusammenpralles (!) mit einem von ihnen Veranlassung gegeben haben."

Man sieht aus dem Bisherigen leicht, daß Kometen und Planeten gänzlich von einander verschieden sind, sowol was die Natur der Kometenmasse betrifft, als auch hinsichtlich der Elemente der Bahnen dieser Weltkörper. Es ist daher eine unhaltbare Hypothese, welche in den Kometen werdende Planeten erblickt. Da der Komet so gut als keine Masse hat, woher soll ihm einst, wenn er die Kometennatur abstreift und Planet wird, die Masse

kommen, ohne die kein Planet gedacht werden kann? Es ist schon oben bemerkt worden, daß einem Kometen, selbst dem größten, kaum 1/5000 der Erdmasse zugeschrieben werden darf, wie könnte er zu einer solchen in's Tausendfache gehenden Vermehrung seiner Masse gelangen? Bei den Kometen sind ferner die beiden Elemente der Exzentrizität und Neigung ihrer Bahnen ungemein abweichend von denen der Planeten. Eine, wenn auch noch so langsame Veränderung eines dieser beiden Elemente ist aber unmöglich, da ein konstantes Verhältniß zwischen den Exzentrizitäten, Massen und Abständen besteht, nach welchem kein Planet seine Exzentrizität vermindern kann, ohne daß gleichzeitig die eines anderen sich vermehre und umgekehrt. „Sollten die jetzigen Planeten einst in kometarischen Bahnen sich bewegt haben, so müßten umgekehrt den jetzigen Kometen damals planetarische Bahnen zugekommen sein."

Die Annahme eines allmäligen Uebergangs von der Kometen- zur Planetennatur ist um Nichts statthafter, als diejenige eines solchen Uebergangs von der Planeten- zur Sonnennatur. „Die Weltkörper, sagt darum Mädler, sind nicht Exemplare, sondern Individuen im strengsten Sinne des Wortes; sie alle zusammen haben Nichts mit einander gemein als das Gesetz der Schwere. Jeder Weltkörper bleibt durch alle Zeiten hindurch das, was er einmal geworden ist. — Die unermeßliche Mannigfaltigkeit, die sich in allen Werken der Schöpfung offenbart, der Reichthum der Natur, die Tausende von Mitteln besitzt, ihre Zwecke zu erfüllen, obwol wir oft nur wenige, oder ein einziges kennen mögen, ist etwas weit Erhabeneres und des Urhebers der Welt Würdigeres, als ein bloßes Kopiren nach vorangegangenen Mustern. Menschenwerke mögen so beschaffen sein, ja bei der Beschränktheit unsers Verstandes in dieser Gleichförmigkeit ihre relative Vollkommenheit besitzen: hüten wir uns aber, die Werke des in jeder Beziehung Unendlichen mit einem ähnlichen Maße messen zu wollen."

Zweiter Theil der physischen Erdbeschreibung.

Die Erde, als organisches Naturganzes, unter dem Einfluß kosmischer Kräfte.

Verhältnisse des Erdkörpers von allgemeinerer Natur.

§ 43. Von der Betrachtung des Sonnensystems, von welchem die Erde einen kleinen Theil ausmacht, kehren wir zu dieser selbst zurück, um uns mit dem Leben und Wirken der heimathlichen Natur näher bekannt zu machen. Waren es bis jetzt die großen Beziehungen unserer Erde zu anderen Weltkörpern des Sonnensystems, die unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen; so bietet sich unserer Erkenntniß im Folgenden, wo wir unsere Erde als organisches Naturganzes in Betrachtung ziehen, eine andere und reichere Welt der Erscheinungen dar. Wir bleiben bei Hause, betrachten das Nahe, dasjenige, womit wir in unmittelbarer Berührung stehen, den Formenwandel der irdischen Dinge, das wechselnde Spiel hervorgerufener Kräfte, das gesammte Erdenleben unter dem Einfluß von Licht und Wärme, wie es jetzt ist, und wie es in unvordenklichen Zeiten gewesen. Ein unendliches Feld des Wissenswürdigen breitet sich vor uns aus; um so nothwendiger ist es daher, nur das Wichtigste aus der ganzen reichen Fülle der Erscheinungen auszuwählen, und zur leichteren Ueberschaulichkeit in gewisse Gebiete zu ordnen, die von der physischen Natur der Erde selbst an die Hand gegeben werden.

Wir lernten die Körper, welche unserem Planeten angehören, unter dreifach verschiedenen Formen kennen, die von dem Kohäsionszustande ihrer Masse herrühren, und man kann hievon den Eintheilungsgrund für sämmtliche Erscheinungen entlehnen, mit denen wir uns im Folgenden zu beschäftigen haben. Wir erhielten demnach, da sich diese Erscheinungen entweder auf den festen, oder flüssigen, oder luftförmigen Theil der Erde beziehen, drei

natürliche Gebiete, in welche die physikalische Erdbeschreibung eingetheilt werden kann. Man kann aber bei Betrachtung der Erde noch von einem anderen Eintheilungsgrunde ausgehen und an derselben Erdkern, Erdoberfläche und Erdatmosphäre unterscheiden. Unsere Kenntniß vom Erdkerne muß eine sehr beschränkte genannt werden, und was wir von ihm wissen, wird demnächst zur Betrachtung kommen. Die Erdoberfläche besteht aus Festem und Flüssigem, und man wird bei Erforschung der Erscheinungen, die sie darbietet, sich erlauben dürfen, in die Höhe und Tiefe abzuschweifen, d. h. eine Schicht vom Kerne und von der Atmosphäre mitzunehmen, wenn es nöthig sein sollte. Wir erhalten somit drei Hauptabschnitte: 1) die Lehre vom Festen, oder den geognostischen und geologischen Theil; 2) die Lehre vom Flüssigen, oder den hydrologischen Theil, und 3) die Lehre vom Luftförmigen, oder den atmosphärologischen und meteorologischen Theil. Mit der Atmosphärologie muß aus mehrfachen Gründen der Anfang gemacht werden, nachdem ihr die Betrachtung einiger allgemeinerer Verhältnisse des Erdballs vorangegangen ist.

§ 44. Zu diesen Verhältnissen gehört zuerst die Dichtigkeit der Erde. „Nachdem die Erde gemessen worden ist, mußte sie auch gewogen werden." Ihr Volumen kennen wir aus der mathematischen Geographie, und so entsteht die Frage nach ihrem spezifischen Gewichte, oder näher und bestimmter, ob alle unsern Erdkörper zusammensetzenden Bestandtheile ihrem spezifischen Gewichte nach einander nahezu gleichkommen, d. i. ob die Erdmasse durchaus gleichförmig dicht (homogen) sei, oder nicht. Berücksichtigt man in dieser Hinsicht den gewaltigen Druck, den die oberen Lagen des Erdballs auf die unteren ausüben müssen, so folgt daraus von selbst eine Dichtigkeitszunahme von der Oberfläche gegen das Zentrum hin. Mit den Bestandtheilen der oberen Erdlagen macht uns die Geognosie bekannt, es sind die Gebirgsschichten, welche in Masse den kontinentalen Theil der Erdoberfläche bilden. Diese Schichten brauchen wir nur zu wägen, um denjenigen Werth der Erddichtigkeit zu erhalten, welcher der Oberfläche zukommt. Wasser und Metalle können dabei unberücksichtigt gelassen werden, weil das erstere nur bis zu einer relativ geringen Tiefe reicht, die letzteren durchschnittlich in geringer Menge gefunden werden, beide sich also gegenseitig aufheben. Jene, in Masse vorkommenden Gebirgsschichten sind Granit (Dichtigkeit, 2,5 bis 3,0), Kalk (2,7 bis 3,1), Sand, Sandstein und Kiesel überhaupt (2,6), Thon (2,63), Glimmerschiefer (2,9), und das Mittel aus ihren spezifischen Gewichten beträgt kaum 2,7, das reine Wasser bei einer Temperatur von + 4° R als Einheit angenommen. Dieser Werth muß als der kleinste für die feste Erdmasse betrachtet werden, weil dieselbe nach dem Innern hin an Dichtigkeit zunimmt, im Innern demnach die Werthe größer werden müssen. Allein die Massen, welche das Innere der Erde

bilden, sind uns unzugänglich, wir können sie nicht wägen, wie diejenigen, welche die Erdoberfläche zusammensetzen, daher auch auf direktem Wege nicht zur Kenntniß des größten Werthes der Erddichtigkeit gelangen. Dennoch ist es der Wissenschaft gelungen, durch sehr feine Versuche die mittlere Dichtigkeit der Erde zu erforschen, indem man in Vereinigung astronomischer und geodätischer Messungen die Ablenkung des Bleiloths von der Vertikale in der Nähe eines Berges suchte, oder durch Anwendung einer Drehwage, die man als ein horizontal schwingendes Pendel betrachten kann, die relative Dichtigkeit der Erdschichten maß. Diese Versuche stützen sich auf das Attraktionsgesetz, welchem zufolge die Anziehung aller Materie eigenthümlich, der Masse direkt und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional ist, so daß bei der bekannten Größe der Erdkugel durch die Vergleichung ihrer Anziehung mit derjenigen, welche andere Körper von bekanntem spezifischem Gewichte ausüben, die spezif. Dichtigkeit der Erde aufgefunden werden kann.

Nach der ersten der beiden erwähnten Methoden beobachtet man, welche Ablenkung das Bleiloth durch einen Berg von großer Masse erfahre. Es muß nämlich ein jeder Berg im Verhältniß seiner Größe zu der Erde das Bleiloth von derjenigen Richtung ablenken, in welcher es sich sonst durch die Anziehung befinden würde. Diese Richtung wäre die mathematische Vertikale; allein weil die Erde und der Berg das Bleiloth anziehen, so findet man die mathematische Vertikale nicht direkt, sondern nur die physische, welche eben die vereinte Wirkung der Erde und des Berges ist. Man muß daher, um erstere zu finden, das Bleiloth auf beiden Seiten des Berges beobachten, wodurch man die Summe der einander entgegengesetzten Ablenkungen erhält. Es ist ferner sehr bequem, wenn die Streichungslinie des Berges von Westen nach Osten geht, weil alsdann die nöthigen geodätischen und astronomischen Messungen auf dem Meridian vorgenommen werden können. Das Verhältniß des Ablenkungswinkels zum rechten Winkel gibt uns das Verhältniß an, in welchem die Erde und die Masse des Berges das Bleiloth anziehen. Ist die Ablenkung beobachtet, so wird das Volumen und spezif. Gewicht des Berges durch direkte Wägungen und Messungen bestimmt. Die bei diesem Versuche in Rechnung kommenden Größen sind: die beobachtete Ablenkung, der Abstand des Bleiloths vom Schwerpunkt des Berges und der Erde, die Masse des Berges und die der Erde. Die letzte Größe ist die gesuchte, zwischen den übrigen, die alle bekannt sind, hat nothwendig ein bestimmtes Verhältniß Statt, und aus den bekannten findet man durch Rechnung die gesuchte Erdmasse, folglich, da man ihr Volumen kennt, auch die mittlere Dichtigkeit, wenn man die Masse durch das Volumen dividirt.

Es sei, Fig. 25, fg ein Bogen der Erdoberfläche, so bezeichnen die

Richtungen fa und gb das Zenith für die beiden Punkte f und g. Wird die Richtung des Bleiloths lediglich durch das Erdsphäroid bestimmt, so sind seine Richtungen zugleich diejenigen von fa und gb, die mit einander den Winkel c bilden, den man kennt, wenn man den Bogen fg mißt. Nun befinde sich aber zwischen f und g der Berg m, der seinerseits ebenfalls auf das Loth wirkt, so daß dasselbe dadurch in die Richtungen bg′ und af′, gezogen wird; und mit gb′ und af′ werden fa′ und gb′ parallel gezogen. Ob wir die Linie g′b oder gb′ nach einem Sterne s, ebenso die Linie f′a oder fa′ nach einem anderen Sterne s′ verlängern, läuft bei der ungeheuren Entfernung der Fixsterne von der Erde, gegen welche selbst der Erdbahndurchmesser zu einem Punkte verschwindet, ganz auf dasselbe hinaus. Verbindet man daher an den beiden Punkten f und g ein Fernrohr so mit dem Loth, daß dessen Achse in seine Richtung fällt, und nimmt man an, daß die verlängerte Achse des Rohrs in g den Stern s, die des Rohrs in f den anderen Stern s′ treffe, so wird der Bogen ss′ den Unterschied der Richtungen fa′ und gb′ angeben; beide bilden zusammen den Winkel c′, der um die Summe der beiden Ablenkungen, welche durch die Einwirkung von m die Lothlinien in f und g erfahren, größer ist als c. Es wird daher sein $c' = c + bgb' + afa'$, und da c′ auf astronomischem Wege durch die Zenithbeobachtung und fg auf geodätischem Wege bestimmt werden können, so läßt sich die Summe der beiden Ablenkungen bestimmen, indem $bgb' + afa' = c' - c$ ist. Bezeichnet nun af und ff′ das Verhältniß der Wirkungen der Erde und des Berges auf das Loth in f und ebenso bg und gg′ das der beiden Wirkungen auf das in g befindliche, kennt man ferner den Abstand der Punkte g und f vom Schwerpunkt des Bogens m, dessen Gestalt, Volumen und das spezif. Gewicht seiner Felsmassen, so hat man Alles, um daraus die Dichtigkeit der Erde zu berechnen.

Auf diese Weise stellten Maskelyne und Hutton in den Jahren 1774 — 1776 Beobachtungen und Messungen zu beiden Seiten des isolirten, von Westen nach Osten streichenden Berges Shehallien in der Grafschaft Perth an; aus ihren Messungen ergab sich $bgb' + afa'$ im Mittel aus allen Bestimmungen = 11″,7, und die weitere Rechnung gab für die Dichtigkeit des Erdkörpers 4,7, die des reinen Wassers = 1 gesetzt.

Der so eben entwickelte Versuch mit dem Bleilothe ergibt unzweifelhaft sichere Resultate, wenn unter den Punkten f und g keine Ungleichheiten in der Dichtigkeit der Erdrinde vorkommen. Wären solche Ungleichheiten vorhanden, die schwer vollständig zu ermitteln wären, so könnten gerade durch sie, auch ohne den Berg, die beiden Lothrichtungen af und bg geändert werden, und in diesem Falle bgb′ und afa′ zwei verschiedene Wirkungen in sich vereinigen, von denen die eine unbekannt bleibt, der Schluß auf die Dichtigkeit der Erde folglich ein fehlerhafter würde.

Der zweiten Methode mit der Drehwage kann dieser Einwurf nicht gemacht werden; man beobachtet nach derselben die Schwingungen eines Pendels gegen eine künstlich angebrachte Masse, gesondert und unabhängig von der Erdanziehung. Die Drehwage besteht aus einem sehr dünnen Wagebalken ab von Holz, welcher durch einen gespannten feinen Draht am Biegen gehindert wird, an dessen Enden zwei Kugeln von gleicher Größe und Schwere befestigt sind. Der Wagebalken ist in seinem Mittelpunkte so unterstützt, daß er sich auf dem Pfeiler ef frei bewegen kann. Sind beide Seiten in vollkommenem Gleichgewichte, so wird die Wirkung der Erde auf diesen wagerechten Doppelpendel neutralisirt sein, d. h. es wird keine Seitenschwingung entstehen, wenn man a oder p bewegt, sondern in jeder Lage völlige Ruhe stattfinden. Nähert man nun zwei große und schwere Massen, C und D, z. B. zwei Bleikugeln in gleichem Verhältniß und in horizontaler Ebene den an der Drehwage befestigten kleineren Kugeln so, daß die nach beiden Seiten verlängerte Linie ab die Schwerpunkte der beiden großen Massen trifft; so wird, wenn man eine der kleineren Kugeln bewegt, eine horizontale Pendelschwingung entstehen, weil die Massen C und D die Kugeln a und b in Folge der Anziehung wieder in die ursprüngliche Lage zurückzubringen streben. Man sieht wol, daß die Wirkung der im Vergleich mit der Erdmasse kleinen Massen C und D von jener größtentheils aufgehoben wird, die Schwingungen werden daher äußerst langsam erfolgen, man kann dieselben aber doch bei anhaltend fortgesetzter Beobachtung wahrnehmen und ihre Dauer bestimmen. Es verhalten sich nun die Schwingungszeiten umgekehrt wie die Quadrate der Fallhöhen oder der Pendellängen, und daraus kann die Größe eines Sekundenpendels bestimmt werden, das in Folge der Anziehung von C und D schwingt; da ferner die Länge des gegen die Erde gravitirenden Sekundenpendels bekannt ist, so erhält man auch das Verhältniß der von C und D ausgeübten Anziehung zur Erdanziehung; hieraus, so wie aus der Entfernung der Schwerpunkte der anziehenden Massen von den Kugeln a und b, aus dem Volumen und spezif. Gewicht dieser Massen u. s. w. wird dann das spezif. Gewicht der Erde erhalten.

Diese Methode hat, auch ohne Berücksichtigung des oben erwähnten Einwurfes, dadurch vor der ersteren den Vorzug, daß die vorhin genannten, die großen Massen C und D betreffenden Daten, sich sicherer bestimmen lassen als bei Bergen. Cavendisch hat die ersten Versuche mit der Drehwage angestellt. Er ließ den ganzen Apparat mit einer großen Glaswand umschließen, um die Einwirkung von Luftströmungen auf die Bewegung der Kugeln aufzuheben; die Schwingungen wurden, damit auch jede Einwirkung der beobachtenden Person wegfiele, aus beträchtlicher Entfernung teleskopisch beobachtet, und endlich die Anziehung der Glaswand in Rechnung genommen. Cavendisch fand aus 24 Versuchen für die mittlere Dichtigkeit der Erde 5,48, ein Resultat,

das dem von Maskelyne und Hutton nahe kommt. Reich in Freiberg hat neuerdings diese Beobachtungen auf eine noch zuverlässigere Weise wiederholt, und die von ihm auf's Sorgfältigste bestimmten Schwingungszeiten ergaben ihm aus 19 Versuchen für die mittlere Dichtigkeit der Erde 5,44, oder sehr nahe das Resultat von Cavendisch. Da aber die Versuche Reich's einen höheren Grad von Zuverlässigkeit ansprechen können, so kann die Zahl 5,44 als die sicherste Bestimmung des spezif. Gewichts der Erde betrachtet werden. Berechnet man darnach das Gesammtgewicht des Erdkörpers, so erhält man 13 Quadrillionen Pfund. Es ist aber wol zu merken, daß die Zahl 5,44 nur die mittlere Dichtigkeit der Erde angibt. Da nun die Dichtigkeit der die Oberfläche bildenden Erdschichten nur 2,7 beträgt, so folgt, daß die Erddichtigkeit gegen das Zentrum hin sehr bedeutend zunehmen muß, wenn die Erde im Ganzen 5,44 haben soll, und ist die Zunahme von Außen nach Innen gleichförmig, so werden wir die mittlere Dichtigkeit 5,44 nur etwa 200 Meilen unter der Oberfläche annehmen dürfen, die größte Dichtigkeit aber mag etwa das Vierfache von der Dichtigkeit der äußeren Rinde betragen.

Fassen wir nun Alles zusammen, so ist das Ergebniß etwa Folgendes:

1) Die Dichtigkeit der Erde ist keine gleichförmige, sondern nimmt von der Oberfläche nach dem Inneren zu;

2) die Erde ist eine solide Kugel, in welcher keine, im Verhältniß zum Gesammtvolumen der Erde, beträchtliche Höhlungen vorkommen können;

3) die Bestandtheile der Erde sind heterogen. Es ist zwar oben bemerkt worden, daß die tiefer liegenden Massen nothwendig einen gewaltigen Druck von den höheren erleiden müssen. Wären daher die Massen elastisch, so müßte in Folge dieses Druckes allerdings ihre Dichtigkeit zunehmen, ohne daß man daraus auf eine Verschiedenartigkeit derselben schließen dürfte; allein elastische Massen bietet uns die Erde im Großen keine dar, und auf nicht elastische ist die Wirkung jenes Druckes äußerst gering. Es bleibt uns also nichts anderes übrig, als anzunehmen, daß das Erdinnere aus uns gänzlich unbekannten Massen, oder aus Metallen bestehe, die sich in reinem, von allen nichtmetallischen Theilen befreiten Bestande befinden. „Dieses eigentliche Innere ist also gleichsam noch unaufgeschlossen, ist Metallkern, um den herum sich die mehr entwickelten, stein-, erd- und kalkartigen Massen gelagert haben und an ihren äußersten Grenzen, von Luft und Wasser berührt, einen Boden für vegetabilische und animalische Entwickelung darbieten, deren letzte Spuren schon bei wenigen hundert Fuß Tiefe verschwinden und die also wol dem Inneren gänzlich abgehen."

§ 45. Ein anderes hieher gehöriges Verhältniß ist die Erdwärme, die innere eigene Wärme der Erde, zum Unterschied von der Wärme der Oberfläche und Atmosphäre, deren Hauptquelle die Sonne ist. Ueber diese

Eigenwärme der Erde belehren uns eine Menge von Beobachtungen, welche in den verschiedensten Ländern angestellt worden sind. Dahin gehören erstlich direkte Versuche über die Temperatur des Gesteins und der Gewässer in Bergwerken. Die ältesten Beobachtungen dieser Art sind die von Saussüre in den Salinen von Bex, wo er in einer Tiefe von 680 Fuß die Wärmezunahme = 7°,9 C, also für jede 108 p. F. = 1° R fand. Aehnliche, sehr umfassende Beobachtungen an den geeignetsten Orten wurden seit 1790 in den Gruben von Freiberg angestellt, von denen die durch Reich in den Jahren 1820 bis 1832 die zuverlässigsten sind. Das wahrscheinlichste Mittel aus allen seinen Beobachtungen gibt für 144 p. F. Tiefe eine Temperaturzunahme von 1° R. Für eben soviel Wärmezunahme fand man aus den Beobachtungen, welche seit 1815 in sechs Gruben in Cornwallis angestellt wurden, deren Tiefe von 550 bis 1440 engl. Fuß reicht, das Mittel zu 132 p. F. In denselben Gruben zeigte auch das Wasser, welches in einer Tiefe von 1440 F. hervorquillt, die Wärme von 21°,36 R, während die mittlere Temperatur der Oberfläche beträchtlich geringer ist. In den goldhaltigen Minen von Pestarena, unweit des Monte Rosa, wurde die Temperatur eines Schachtes, zu dem die Luft freien Zutritt hat, im Winter und im Sommer gemessen. Im März, bei einer Temperatur im Freien von 3°,04 R, fand man die Wärme in einer Tiefe von 50 Metres = 4°,08 R, von 100 Metres = 6°, von 150 Metres = 8°, von 250 M. = 9°,04, von 350 M. = 10°,48, von 450 M. = 12° und von 702 M. = 13°,04 R; im August, bei einer Temperatur im Freien von 16° R, zeigte die Temperatur in den Minen folgende Größen: bei 50 M. = 10° R, bei 100 M. = 9°,60 R, bei 150 M. eben so viel, bei 250° M. 9°,76, bei 350 M. 10°,48, bei 450 M. = 12° und bei 702 M. 13°,04 R. In Mexiko fand Humboldt in den dortigen Minen zwischen 500 und 770 F. Tiefe 18°,96 bis 22°,08 R, in 1548 F. Tiefe aber 27°,04 R. — An diese Messungen der Temperatur im Gestein und Gewässer der Bergwerke schließen sich zweitens die Untersuchungen über die Temperatur von tiefen Bohrlöchern an. Das Bohrloch zu Neusalzwerk bei Minden hatte Ende September 1839 eine Tiefe von 1435 p. F. erreicht, und die ausfließende Soole zeigte eine Temperatur von 18°,5 R, während die mittlere Temperatur der Gegend höchstens 8°,5 R hat, so daß diese Wasser eine Temperaturzunahme von 1° R für 144 F. Tiefe andeuten. Das Bohrloch des artesischen Brunnens zu Grenelle bei Paris hatte Anfangs Juni 1839 eine Tiefe von 1436 p. F. Als dasselbe eine Tiefe von 920 F. erreicht hatte, bestimmte Arago die Temperatur zu 17°,76 R, während die mittlere Temperatur zu Paris 8°,68 beträgt. Die Bohrlöcher bei Basel-Augst zeigten in einer Tiefe von 414 F. eine Wärmezunahme von 1° R für jede 119 F. Tiefe. Ein weiterer Beleg endlich für die Temperaturzunahme mit der Tiefe, also für die Eigenwärme der Erde, liefern die unter verschiedenen Himmelsstrichen angestellten Be-

obachtungen, daß das Quellwasser eine höhere mittlere Temperatur aus der Erde mitbringt als die mittlere Luftwärme am Orte, wo sie hervorkommt, beträgt. Ein solcher Wärmeüberschuß, mag er nur einen oder mehrere Grade betragen, kann nicht von der äußeren Temperatur, sondern muß von der Erde herrühren, und macht die Quelle, die ihn zeigt, zu einer Therme. Die Erwärmung ist unter dem Aequator kaum merklich, in unseren Gegenden beträgt sie durchschnittlich 1 Grad, in nördlicheren Breiten ist sie noch beträchtlicher. Auch ist es eine durch Beobachtungen bestätigte Thatsache, daß das Gletschereis eben so sehr an der unteren als an der oberen Fläche abschmilzt. Je größer die Tiefe ist, aus welcher die Quellen entspringen, desto höher steht ihre Temperatur über der Lufttemperatur, während dagegen, nach Boussingault, die Wärme der Quellen mit der Zunahme der Höhen, in welcher sie entspringen, abnimmt. Wenn man sich vom Aequator nach den Polen Kurven gezogen denkt, welche die mittlere Temperatur des Aequators = 22° R haben, so werden dieselben am Aequator die Erdoberfläche berühren, mit zunehmender Breite mit ihr divergiren und an den Polen am tiefsten in die Erdrinde sich hinabziehen. Eine solche Kurve, bis zum Meridian von Cornwall gezogen gedacht, wird daselbst bis zu einer Tiefe von 144 Fathoms hinabziehen, in welcher in den dortigen Bergwerken die mittlere Temperatur des Aequators herrscht. Begreiflich krümmen sich diese Kurven bald nach oben, bald nach unten; in Bergen steigen sie an, unter dem Meere, großen See'n und Gletschern biegen sie sich nach unten, wie Bischoff dies durch Beobachtungen in den Alpen bestätigt gefunden hat.

Aus allen vorhin angeführten Thatsachen scheint nun zu folgen, erstlich, daß die Erdrinde in einer Tiefe, welche dem Einfluß der äußeren Erwärmung entzogen ist, eine höhere Temperatur habe als die Kruste selbst, was außerdem noch durch die vulkanische Thätigkeit in hohem Grade wahrscheinlich wird, indem der Erguß geschmolzener Massen aus geöffneten Spalten und die heißen Quellen für eine im Inneren des Urgebirgs existirende, seit Jahrtausenden unerschöpfliche Wärmequelle zeugen. Zweitens, daß von der Oberfläche nach Innen die Mitteltemperatur bei 100 bis 150 Fuß um 1° R zunimmt, und zwar gilt dies nicht nur für die meeresgleiche Oberfläche, sondern für jede Lokalität. Hat daher, sagt Mädler, der Gipfel eines 2000 F. hohen Berges die Temperatur + 4°, und an seinem Fuß herrscht eine von + 8°, so wird im Inneren des Berges in einer Tiefe, die mit dem Fuß des Berges in gleichem Niveau liegt, die Temperatur $+ 4 + \frac{2000}{100} = 24°$ sein. Bei Höhen von 8 — 10000 F. kann die Wärme in Tiefen, die selbst noch über dem Niveau des Thales liegen, gar wol den Siedgrad des Wassers erreichen, woher die heißen Quellen zu erklären wären.

Mädler bedient sich obiger Formel als Mittel zum Beweis, daß die von

unseren Erfahrungen in dieser Sache abstrahirten Regeln nicht bis in's tiefste Innere der Erde gelten, daß also die Wärme nicht nach einer aus den Beobachtungen folgenden Progression bis an das Zentrum hin wachsen können, weil man sonst für den innersten Erdkern eine Temperatur von nahe an 200000 Grad erhielte. Diese Behutsamkeit, welche aus den bisherigen Versuchen keine zu weit gehenden Folgerungen will gelten lassen, hat indeß andere Naturforscher nicht gehindert, anzunehmen, daß mit wachsender Tiefe auch die unterirdische Wärme ununterbrochen zunehme (wenn auch nicht nach gleichen Gesetzen auf der ganzen Erde von Punkten aus, die im gleichen Niveau liegen), so daß das Erdinnere in feurigem Flusse und die Oberfläche der Erde sonach zwischen der Glühhitze des Inneren und der Temperatur des Weltraums sich befinde, die wahrscheinlich weit über — 40° R beträgt. Diese Annahme stimmt mit der jetzt fast allgemein herrschenden geologischen Ansicht überein, der zufolge die Erde uranfänglich in einem, bereits zu einer sehr hohen Temperatur erhitzten, flüssigen Zustande gewesen sei, ähnlich schmelzendem Eisen (+ 1532° R). Geschmolzenes Eisen strahlt aber eine Menge Wärme von seiner Oberfläche aus, welche durch diesen Verlust allmälig erkaltet und erstarrt. Eben so fing, nach dieser geologischen Ansicht, der Erstarrungsprozeß der Erde von ihrer Oberfläche an, die durch Strahlung ihrer Wärme gegen den Himmelsraum nach und nach erkaltete, während die dem Erdmittelpunkt näheren Theile flüssig und glühend blieben. Die Ausströmung der Wärme vom Mittelpunkt gegen die Oberfläche mußte aber mit zunehmender Erstarrung der Erdrinde immer geringer werden, weil die erkalteten Schichten derselben immer mächtiger wurden und die Wärme immer schwieriger von Innen nach der Oberfläche leiteten. Der Verlust, den die Zentralwärme erleidet, ist demnach in den allerältesten Zeiten sehr beträchtlich gewesen, seit den historischen aber scheint derselbe so gering zu sein, daß er für unsere Instrumente kaum meßbar wird, indem in einem Jahrhundert sich die Erdtemperatur für uns um ein ganz Unmerkliches vermindert, weil äußerst wenig von der ursprünglichen Wärme des Planeten an die Oberfläche abgegeben wird. Diese sekuläre Erkaltung des Erdkörpers wird durch folgende Betrachtungen noch weiter begründet. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde hängt von ihren Volumen ab; mit der Verminderung der Temperatur ist aber eine Zusammenziehung der Massen verbunden, die bei Steinmassen für jede 80° Abkühlung eine lineäre Zusammenziehung von vielleicht $1/2000$ beträgt. Es müßte daher mit Abnahme der Erdtemperatur die Rotationsachse verkürzt, die Umdrehungsgeschwindigkeit vermehrt und die Tageslänge vermindert werden. Laplace berechnet, daß wenn die mittlere Erdwärme um 1° C abnimmt, die Tageslänge um 1'',73 abnehmen müsse. Nun ergibt aber, nach seinen Untersuchungen, die Vergleichung der sekulären Ungleichheiten in den Bewegungen des Mondes mit den in älteren Zeiten beobachteten Finsternissen,

daß seit Hipparch's Zeiten, also seit vollen 2000 Jahren, die Länge des Tages nicht um den hundertsten Theil einer Dezimalsekunde abgenommen hat, daß demnach innerhalb der äußersten Grenze dieser Abnahme die mittlere Wärme des Erdkörpers seit 2000 Jahren nicht um 1/170 eines Zentesimalgrades verändert worden ist. Die Berechnungen werden noch durch die Erfahrung unterstützt, daß die Vegetationsgrenze der Cerealien, des Weines und der Datteln seit der historischen Zeit keine wesentlichen Veränderungen erlitten hat.

Man kann schließlich zur Unterstützung der Ansicht, daß im Inneren der Erde eine bedeutende Hitze, ja selbst die höchsten Grade derselben vorhanden seien, noch folgende Erscheinung, deren Hoff erwähnt, herbeiziehen. Es zeigt sich nämlich fast überall, wo Thermometerbeobachtungen im Ozean und in verschiedenen Tiefen desselben vorgenommen worden sind, eine Abnahme der Wärme des Meereswassers mit der Zunahme der Tiefe des Meeres. Nimmt man nun an, daß der Boden des Ozeans dem Wasser desselben gar keine Wärme mittheile, so müßte das Wasser in den größten Tiefen desselben unfehlbar zu Eis gefrieren. Dies geschieht aber, so weit unsere Erfahrung reicht, nicht; weder Grundeis noch vom Grunde aufsteigendes Eis ist beobachtet worden, selbst in den Polarmeeren nicht; vielmehr findet man gerade in diesen Meeren das Wasser in größerer Tiefe wärmer als an der Oberfläche, wo allein sich Eis erzeugt. Wird aber in größeren Tiefen das Meerwasser vom Meeresgrunde fortwährend erwärmt, so müssen die erwärmten Wassertheile, als die leichteren, stetsfort nach der Oberfläche aufsteigen und werden durch kältere hinabsinkende Theile ersetzt werden, welche von der sich stets erneuernden Wärme des Bodens immer auf's Neue hinaufgetrieben werden müssen. Nur dadurch wird, nach der Ansicht von Hoff's, die Eisbildung in größeren Tiefen der Ozeane verhindert, welche sonst die unausbleibliche Folge einer mit der Tiefe zunehmenden Temperaturverminderung sein müßte, und es dürfte also die angeführte Erscheinung eher ein Beweis für als gegen die mit der Tiefe zunehmende Eigenwärme der Erde sein.

§ 46. Ein drittes Verhältniß endlich, dessen Besprechung hieher gehören dürfte, betrifft den Erdmagnetismus, eine bis jetzt zum größten Theil noch geheimnißvolle Erscheinung auf unserer Erde. Die Magnetnadel, deren veränderliche Lage und Richtung den Schifffahrern seit lange bekannt ist, hat auf die Entdeckung des Erdmagnetismus geführt, der, seitdem ihm überall von den Physikern mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird, die Magnetnadel hinwiederum zu einem Instrumente gemacht hat, welches für die Schifffahrt noch viel unentbehrlicher geworden ist als früher. „Der geheimnißvolle Gang der Magnetnadel, sagt Humboldt, ist von der Zeit und dem Raume, von dem Sonnenlaufe und der Veränderung des Ortes auf der Erdoberfläche gleichmäßig bedingt. Man erkennt an der Nadel, wie an den Schwankungen

des Barometers zwischen den Wendekreisen, die Stunde des Tages. Sie wird durch das ferne Nordlicht, durch die Himmelsgluth, welche an einem der Pole farbig ausstrahlt, urplötzlich, doch nur vorübergehend, affizirt. Wenn die ruhige stündliche Bewegung der Nadel durch ein magnetisches Ungewitter gestört ist, so offenbart sich die Perturbation oftmals über Meer und Land, auf Hunderte und Tausende von Meilen im strengsten Sinne des Wortes gleichzeitig, oder sie pflanzt sich in kurzen Zeiträumen allmälig in jeglicher Richtung über die Oberfläche der Erde fort. Im ersteren Falle könnte die Gleichzeitigkeit, wie Jupiterstrabanten, Feuersignale und wol beobachtete Sternschnuppen, innerhalb gewisser Grenzen zur geographischen Längenbestimmung dienen. Man erkennt mit Verwunderung, daß die Zuckungen zweier kleinen Magnetnadeln, und wären sie tief in unterirdischen Räumen aufgehangen, die Entfernung messen, welche sie von einander trennt; daß sie lehren, wie weit Kasan östlich von Göttingen, oder von den Ufern der Seine liegt. Es gibt auch Gegenden der Erde, wo der Seefahrer, seit vielen Tagen in Nebel gehüllt, ohne Sonne und Sterne, ohne alle Mittel der Zeitbestimmung, durch die Neigungsveränderung der Nadel mit Sicherheit wissen kann, ob er sich nördlich oder südlich von einem Hafen befindet, in den er einlaufen soll."

Der Einfluß des Erdmagnetismus auf die Magnetnadel gibt sich auf eine dreifache Art kund. Die Weisung der Nadel gibt nämlich erstlich den magnetischen Meridian richtig an, zeigt aber nicht genau in der Richtung der Pole, oder des astronomischen Meridians, sondern weicht davon ab. Dies ist die Abweichung (Deklination) der Nadel, die nach Zeit und Ort veränderlich ist und ihre Perioden hat. Wenn zweitens eine genau abgeglichene Stahlnadel, bevor sie magnetisirt worden, völlig gleichgewichtig und wagrecht auf der sie tragenden Spitze stand, so ändert sich dies, sowie sie mit dem Magnete bestrichen worden ist; die eine Spitze neigt sich gegen den Horizont, gegen den sie eine schiefe Lage annimmt, während die andere Spitze sich emporhebt. Es ist dabei gar nicht an eine Gewichtsvermehrung zu denken, im Gegentheil ist das Gewicht der sich neigenden Spitze dasselbe geblieben, das es vorher war. Die Orte, wo die Nadel von selbst eine wagrechte Lage annimmt, fallen nicht in den geographischen Aequator, sondern in dessen Nähe, dagegen senkt sich im größten Theile der nördlichen Erdhälfte die Nadelspitze mit Nordweisung unter die horizontale Linie, während die mit Südweisung sich hebt; an den meisten Orten der südlichen Hemisphäre sinkt hingegen die Nadelspitze mit Südweisung. Diese Erscheinung ist Neigung (Inklination) der Nadel genannt worden. Diese beiden Anomalien der Magnetnadel sind schon seit längerer Zeit bekannt, während daß eine dritte, die den Namen magnetische Intensität erhalten hat, der Entdeckung und Betrachtung nach der neueren Zeit angehört.

Wenn bei den beiden ersteren Anomalien der Richtungseinfluß des Erdmagnetismus in Betracht kommt, so bei der letzten seine Stärke, zufolge welcher die Nadel in horizontaler sowol als auch in vertikaler Lage an den einen Orten der Erde mehrere und schnellere Schwingungen macht als an anderen. Diese drei Erscheinungen, obwol Wirkungen derselben Kraft und ihrem Wesen nach zusammengehörig, lassen doch eine abgesonderte Betrachtung zu. Sie sind an verschiedenen Orten der Erde verschieden und man hat ihre Gesammtwirkung durch drei Systeme von Linien auf eigene Karten gezeichnet. Die Linien, welche Orte gleicher Abweichung verbinden, heißen isogonische, diejenigen für Orte gleicher Neigung isoklinische und diejenigen, welche Orte von gleicher magnetischer Intensität mit einander verbinden, heißen isodynamische Linien.

Die bis jetzt gemachten Erfahrungen geben in allen drei Beziehungen folgende allgemeine Resultate, die ich aus dem neuen Gehler und Humboldt schöpfe. Was zuerst die Deklination betrifft, so unterscheidet man Linien mit und ohne Abweichung. Von der letzteren Art sind zwei bekannt; die eine kommt aus dem weißen Meere, krümmt sich zuerst südöstlich, dann nordöstlich bei Irkutzk vorüber und läuft dann südlich durch den Ozean um Neuholland gegen den Südpol hin, die andere geht in der Richtung vom Südpol durch das atlantische Meer, tritt nördlich von Rio in den Kontinent von Amerika und durchschneidet denselben in nördlicher Richtung. Die erstere dieser beiden Linien ist nicht festbleibend, sondern hat sich von Osten nach Westen bewegt, ging 1657 durch London, 1669 durch Paris, so daß sie in 150 Jahren gegen 80° der Länge durchlaufen hat. Auch die zweite Linie bewegt sich, nur ihr südlicher Theil bis zum Aequator sehr langsam, ihr nördlicher Theil dagegen ist seit 1600 merklich nach Osten gerückt. Zu beiden Seiten dieser Linie ohne Abweichung weicht die Nadel ab. Ganz Europa hat jetzt, einen kleinen Theil von Rußland abgerechnet, eine westliche Abweichung, während daß am Ende des 17ten Jahrhunderts, erst in London 1657 und dann 1669 in Paris die Nadel gerade nach dem Norden wies, weil damals durch beide Oerter die Linie ohne Abweichung ging. Im Osten von der Mündung der Wolga, von Saratow, Nischnei-Nowgorod und Archangel dringt von Asien her die östliche Abweichung zu uns ein. Im nördlichen Asien zeigt sich eine doppelte Krümmung der Abweichungslinie, konkav gegen den Pol gerichtet zwischen Obdorsk am Obi und Turuchansk, konvex zwischen dem Baikalsee und dem Ochotskischen Meerbusen. Im nördlichen Asien bilden die isogonischen Linien ein merkwürdiges System, in sich geschlossen und mit eiförmiger Gestaltung, welches sich regelmäßig und in größerem Umfang in der Südsee wiederholt. Außer dieser sekulären Abweichung beobachtet man auch eine jährliche, die sich mit den Jahreszeiten verändert. Nach Beobachtungen in England wird die Abweichung größer (westlich) vom Winter-

solstitium bis zur Frühlingsnachtgleiche um 0'80; von da bis zum Sommersolstitium nimmt sie ab (geht östlich zurück) um 1',43, nimmt dann wieder zu bis zur Herbstnachtgleiche um 2',43 und vermindert sich wieder bis zum Wintersolstitium um 0',14. Endlich zeigt die Beobachtung noch eine tägliche Periode, und es ist sehr merkwürdig, daß sich aus Zusammenstellungen gleichzeitiger Beobachtungen von verschiedenen, weit aus einander gelegenen Orten ergibt, daß die täglichen Variationen an den entferntesten Orten auf die nämlichen Stunden des Tages fallen und meistens mit einer ganz unerwarteten Genauigkeit. Diese täglichen Bewegungen, von der wahren Zeit abhängig, scheinbar von der Sonne beherrscht, wie die jährlichen, so lange sie über dem Horizonte eines Ortes ist, nehmen mit der Breite an Größe ab; nahe am Aequator sind sie kaum 3 bis 4 Minuten, wenn sie im mittleren Europa 13 bis 14 Minuten betragen. — Spezielle Einflüsse auf die Aenderung der magnetischen Abweichung schreibt man Erdbeben, vulkanischen Ausbrüchen, bloßen Gewittern, ganz besonders Nordlichtern zu, deren Einwirkung durch die sprechendsten Thatsachen vollkommen außer allen Zweifel gesetzt ist. Die durch Nordlichter veranlaßten Störungen der Nadel finden an den entferntesten Orten gleichzeitig Statt, wenn gleich ihre Wirkungen nicht überall gleich groß sind.

Zeigt die Deklinationsnadel den magnetischen Meridian an, so gibt uns die Neigungsnadel die magnetische Breite. Da nämlich der Erdkörper selbst als ein Magnet erscheint, der sich gegen eine Magnetnadel immer wie eine zweite Magnetnadel verhält, so daß sich die freundlichen Pole anziehen, so müßten auf der Erde Punkte angetroffen werden können, wo die Neigungsnadel eine ihrer Spitzen gegen den Boden kehrt, d. h. wo die Neigung genau 90° beträgt. Diese Punkte sind die magnetischen Erdpole. Diese setzen dann aber einen magnetischen Aequator voraus, oder eine Linie ohne Neigung. Die zwei Knoten, wo der magnetische Aequator den geographischen schneidet und aus der einen Hemisphäre in die andere übergeht, sind ungleich vertheilt, indem im J. 1825 der eine derselben bei der Insel St. Thomas an der Westküste von Afrika 188½° von dem Knoten in der Südsee bei den kleinen Gilbertinseln auf dem kürzesten Wege entfernt lag; ostwärts von St. Thomas bleibt der magnetische Aequator auf der nördlichen, westlich auf der südlichen Halbkugel bis zum Knoten in der Südsee. Der Knoten von St. Thomas ist von 1825 bis 1837 bereits um 4° von Osten nach Westen gewandert. Einer der magnetischen Pole ist von Roß auf seiner Reise von 1829 bis 1833 genau bestimmt worden, er beobachtete da, wo die Nadel bis auf eine Minute vertikal stand, und setzte hernach, da 1' immerhin als Beobachtungsfehler gelten kann, den Pol in 70°, 15' 17'' nördl. Breite und 96° 45' 18'' westlicher Länge. Die Anwesenheit dieses einen magnetischen Pols ging auch daraus überzeugend hervor, daß die Abweichungsnadel bei'm

Umfahren desselben stets gegen ihn gerichtet war und über ihm dem Lauf der täglich den Horizont umkreisenden Sonne folgte. Der Umfang des eigentlichen Pols beträgt ungefähr eine englische Meile. — Auch die Neigung der Nadel ist veränderlich, wie ihre Abweichung, und sie ist nicht nur an verschiedenen Orten verschieden, sondern an einem und demselben Orte zu verschiedenen Zeiten größer oder kleiner; die genauesten Messungen ergeben eine jährliche Verminderung der Neigung von fast 3′, und man hat gefunden, daß die nämliche Ursache, welche eine Verminderung der Inklination im nördlichen Europa bewirkt, eine bedeutende Vermehrung derselben auf dem Cap der guten Hoffnung und auf St. Helena erzeugt hat, und daß die Veränderungen der Neigung mit dem Fortschreiten der Knoten des magnetischen und terrestrischen Aequators in genauester Verbindung stehen.

Die magnetische Intensität endlich wird durch pendelartige Schwingungen magnetischer Nadeln bestimmt, die ihre Richtung durch keine andere Kraft als die des Magnetismus erhalten. Die magnetische Intensität ist nicht, wie man Anfangs geglaubt hat, am schwächsten auf dem magnetischen Aequator, sie ist nicht einmal gleich auf allen Theilen desselben, so daß die isodynamischen Linien Kurven eigenthümlicher Art bilden. Sie zeigen unverkennbar die Anwesenheit zweier magnetischer Pole oder Mittelpunkte der magnetischen Kraft auf beiden Halbkugeln an, von denen der westliche der nördlichen Halbkugel in Nordamerika eine größere Intensität besitzt als der östliche in Sibirien. Nach den neuesten Beobachtungen von Roß nimmt an der Oberfläche unsers Planeten die Kraft gegen den magnetischen Südpol hin im Viktorialand fast im Verhältniß wie 1 : 3 zu, die Intensität auf dem magnetischen Aequator im nördlichen Peru als Einheit angenommen. Da die Messungen der magnetischen Stärke ganz der neueren Zeit angehören, so kann die Frage, ob sie ebenfalls periodischen Aenderungen unterworfen sei, noch nicht mit Genauigkeit entschiedeu werden, wiewol es scheint, daß auch sie sich in längeren Perioden ändere.

Mit einem großen Aufwande von Kosten hat man in Nordamerika, Europa, Asien, Afrika magnetische Warten errichtet, in denen jede regelmäßige und unregelmäßige Regung des Erdmagnetismus gleichzeitig und in gewissen Epochen 24 Stunden lang alle 2½ Minuten beobachtet wird. Bereits sind eine Menge Beobachtungen vorhanden und werden noch täglich vermehrt, ja ein englischer Astronom berechnet, daß die Zahl der Beobachtungen, welche zu prüfen sind, in 3 Jahren auf 195800 anwachsen werde. Allein noch ist es nicht gelungen, auf alle Fragen nach der letzten physischen Ursache so komplizirter Erscheinungen eine befriedigende Antwort zn geben. Einige wollten die erdmagnetischen Wirkungen dadurch erklären, daß sie annahmen, es befinde sich im Erdinnern ein starker, in die Entfernung wirkender Magnet, dem die Einen vier, die Anderen nur zwei Pole gaben, und unterstützten

diese Hypothese mit der Beobachtung, zufolge welcher die Intensität des Magnetismus auch bei bedeutender Erhebung über die Erdoberfläche nicht merklich abnimmt, und durch die Thatsache, daß an verschiedenen Orten der Erdkruste ungeheure Massen von Magneteisenstein getroffen werden, woraus gefolgert wurde, daß sich solche auch im Inneren der Erde befinden, oder der Erdkern ganz daraus bestehen könne. Dieser Hypothese stehen aber unüberwindliche Einwürfe entgegen. Denn erstlich erhält das genannte Eisenerz seinen Magnetismus erst an der Oberfläche der Erde; sodann sind die jährlichen, und noch mehr die täglichen Veränderungen der Deklination und Neigung mit jener Hypothese schwer in Einklang zu bringen, indem die unerwartete Regelmäßigkeit derselben einen unverkennbaren Zusammenhang mit dem Laufe der Sonne beurkundet und sich daher mit der bleibenden Wirkung eines Magnets im Inneren der Erde nicht wol vereinigen läßt. Die angeführte Hypothese erscheint also als unhaltbar und kann um so weniger mit Konsequenz durchgeführt werden, seitdem man in den neuesten Zeiten die Erfahrung gemacht hat, daß in einer sehr großen Zahl von Körpern, wo nicht in allen, durch die verschiedensten Ursachen magnetische Polarität hervorgerufen wird. Dieselben Ursachen, welche Letzteres herbeiführen, wirken wol auch im Großen auf unsere Erde, und es ist daher ungleich wahrscheinlicher, daß ihnen die Erzeugung des tellurischen Magnetismus beizulegen sei, als diesen von einem schon vorhandenen Magnet in der Erde abzuleiten. Gauß, der sich in neuester Zeit um die Theorie des Erdmagnetismus große Verdienste erworben hat, findet, daß man durchschnittlich wenigstens jedem Theile der Erde, der 3⁷⁄₁₀ Kubikfuß groß ist, eine eben so starke Magnetisirung beilegen müsse als ein einpfündiger Magnetstab enthält. Die Grundvoraussetzung, von welcher Gauß bei seinen erdmagnetischen Untersuchungen ausgeht, ist die, daß die magnetische Wirkung der Erde das Resultat aus den Wirkungen aller magnetischen Theilchen ihrer Masse ist, und daß die magnetischen Anziehungen und Abstoßungen im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Entfernungen stehen. Bis zur Stunde ist aber das Gebiet des Magnetismus noch ein nicht ganz enthülltes für uns. „Nur was in den dreifachen Manifestationen der Erdkraft, sagt A. v. Humboldt, sich als meßbare Verhältnisse des Raumes und der Zeit, als das Gesetzmäßige im Veränderlichen darbietet, hat durch Bestimmung numerischer Mittelwerthe neuerdings die glänzendsten Fortschritte gemacht. Man darf daher wol mit Recht hoffen, daß diese Gesetze, mit denen verglichen, welche im Luftkreise und in noch ferneren Räumen walten, uns allmälig dem Genetischen der magnetischen Erscheinungen selbst näher führen würden.“ Und in der That scheint diese Voraussage Humboldt's in Erfüllung zu gehen. Glänzende Entdeckungen der neuesten Zeit haben dargethan, daß der Magnetismus eine der vielfachen Formen sei, unter denen sich die Elektrizität offenbart. „Oersted, Arago und

Faraday haben die elektrische Ladung des Luftkreises der magnetischen Ladung des Erdkörpers näher gerückt.“ Nach der neuesten Entdeckung Faraday's hat man Grund zur Vermuthung, daß Licht, Wärme, Magnetismus, Elektrizität nur Aeußerungsarten eines und desselben Grundwesens seien. „In seinem am 27. November v. J. zu London vor der Royal Society gehaltenen Vortrage, sagt Jordan (Begriffene Welt 4 Heft), äußert Faraday, allgemeine Betrachtungen hätten ihn seit längerer Zeit zu der Ueberzeugung gebracht, daß zwischen den einzelnen Naturkräften, welche bei verschiedener Wirkungsweise auf den Stoff verschiedene Klassen von Erscheinungen hervorrufen, doch eine innige Beziehung bestehe, daß sie gemeinsamen Ursprungs seien, daß sie gegenseitig von einander abhingen und unter gewissen Bedingungen sogar in einander verwandelt werden könnten. Nachdem diese Möglichkeit, die eine in die andere zu verwandeln, in Bezug auf Elektrizität und Magnetismus erwiesen war, gelangte er, von diesem sicher errungenen Standpunkt weiter blickend, zu der Ueberzeugung, daß diese beiden Kräfte auch mit dem Licht in bestimmten Beziehungen stehen müßten. Bis in die letzte Zeit blieben die Fragen, die er durch Versuche hierüber an die Natur richtete, unbeantwortet. Endlich gelang es ihm, seine Fragen richtig zu stellen, und jetzt gewann er das glänzende Ergebniß: daß Lichtstrahlen elektrisirt und magnetisirt und daß zweitens magnetische Ströme leuchtend gemacht werden können.“ Es ist hier nicht der Ort, den Grundversuch, durch welchen Faraday zu dieser wichtigen Entdeckung gekommen ist, zu beschreiben; man wird aber aus dem Mitgetheilten ersehen, daß durch dieselbe die physische Ursache des Erdmagnetismus und seiner Erscheinungen unserer Erkenntniß näher gerückt ist. Da Faraday damit beschäftigt ist, diese Forschungen weiter zu verfolgen, so stehen noch weitere Aufschlüsse über seine Entdeckung zu erwarten. *)

*) Aus dreijährigen, täglich von Kreyl auf der Prager Sternwarte sechs- bis siebenmal angestellten Beobachtungen scheint sich auch eine magnetische Kraft des Mondes herauszustellen, die sich in folgender Art nachweisen läßt: 1) die magnetische Kraft ist vom November bis Juni zur Zeit des Neumondes und des ersten Viertels kleiner, vom Juli bis Oktober hingegen größer als bei'm Vollmond und letzten Viertel; 2) bei südlicher Deklination des Mondes ist die magnetische Kraft stärker als bei nördlicher; 3) in der Erdnähe des Mondes ist die magnetische Kraft stärker als in der Erdferne; 4) die westliche Abweichung der Magnetnadel ist stärker, wenn der Mond sich östlich, d. h. auf der entgegengesetzten Seite des Meridians befindet. Alle diese Resultate vereinigt Kreyl in folgendem Ausdruck: Der Mond ist ein der magnetischen Kraft unterworfener Körper, und auf seiner der Erde zugekehrten Fläche herrscht jener Magnetismus vor, der den Südpol unserer Magnetnadeln anzieht und die magnetische Kraft der Erde verstärkt.

Erster Abschnitt.

Von der Luft.

I. Atmosphärologie.

Bestandtheile der Atmosphäre.

§ 47. Das Luftmeer, auf dessen Boden wir leben, oder die Luftkugel, die unsere Erde rings umhüllt, beträgt etwa ein Milliontel der Erdmasse, begleitet letztere bei allen ihren Bewegungen, und ist der Schauplatz einer Reihe von Erscheinungen, die man Meteore nennt. „Enthält die Luft im Sauerstoff das erste Element des physischen Thierlebens, so muß in ihrem Dasein noch eine andere Wohlthat, man möchte sagen, höherer Art, bezeichnet werden. Die Luft ist „die Trägerin des Schalles:" also auch die Trägerin der Sprache, der Mittheilung der Ideen, der Geselligkeit unter den Völkern. Wäre der Erdball der Atmosphäre beraubt, wie unser Mond, so stellte er sich uns in der Phantasie als eine klanglose Einöde dar." Aber auch der Zauber einer sonnenbeschienenen Landschaft ginge größtentheils verloren, wenn anstatt des blauen Himmels mit mannigfachen Wolkengebilden, die so Vieles zum landschaftlichen Reize beitragen, ein einförmiges Schwarz die Erde umhüllte, welches ohne das Dasein der Atmosphäre die Farbe des Himmels wäre; ebenso vermißten wir eine Reihe von Erscheinungen, die uns theils täuschen, theils durch ihren Glanz entzücken, theils den Bewohnern der arktischen Gegenden die langen Winternächte verkürzen, oder sonst geeignet sind, überall Gedeihen und Fruchtbarkeit zu verbreiten. Denn der Wechsel zwischen Eintreten und Verschwinden, zwischen mehr oder minder dauerndem Verweilen und längerem oder kürzerem Ausbleiben, zwischen Stärke und Schwäche der Beleuchtung der Erde durch die Sonne enthält allein durch das Vorhandensein der Atmosphäre die näheren oder entfernteren Ursachen einer Menge von meteorischen Phänomenen, und hier hat die Atmosphäre hauptsächlich nur insoweit Interesse für uns, als sie die Hauptwerkstätte aller derjenigen Veränderungen ist, welche die meteorologische Physik zu ihrem Gegenstande hat.

Bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts ist die Luft für ein Element gehalten worden; die Chemie hat sie uns aber als eine innig verbundene Mischung von Sauerstoffgas und Stickstoffgas kennen gelehrt. Das Verhältniß beider Gase in 100 Volum trockener und reiner Luft ist dem Volumen nach 20,8 bis 21 Vol. Sauerstoffgas und 97,2 bis 79 Vol. Stickgas, was in Gewichtsprozenten 23,1 Sauerstoff und 76,9 Stickstoff gibt. Dieses Verhältniß beider Gase ist über Schnee- und Eisfeldern und Sandwüsten, wie über großen Grasflächen, über Ozeanen, wie über den Binnenländeren großer Kontinente, am Niveau des Meeres, wie in den höchsten bisher von Menschen erreichten Höhen im Allgemeinen als ein konstantes befunden worden, troß dem, daß durch das Athmen von Menschen und Thieren, durch Vulkane, durch alle Gährungs-, Fäulniß- und Verbrennungsprozesse in jedem Augenblick eine große Menge Sauerstoff verbraucht wird, welcher der atmosphärischen Luft durch die erwähnten Prozesse entzogen wird. Allein erstlich hat man berechnet, daß auf eine Quadratmeile über 2 Bill. 600000 Mill. Pfund Sauerstoff kommen, sodann wird der durch obige Prozesse entstehende Verlust an Sauerstoffgas wieder ersetzt durch die lebende Pflanzenwelt, die zu ihrer Ernährung das Kohlensäuregas der Luft zersetzt, indem sie demselben einen Theil oder den ganzen Kohlenstoff entzieht und Sauerstoff entwickelt. Im Kleinen kann dies mit einem grünenden Gewächse gezeigt werden, welches man in ein geringes Quantum verdorbener Luft sperrt und das Ganze dem Licht aussetzt; bald wird die Luft wieder so sauerstoffhaltig, daß ein Licht darin fortbrennt. Nur in sehr pflanzenarmen Gegenden hat man das Verhältniß beider Gase verändert gefunden; so zeigte die von Parry im Winterhafen aufgefangene Luft nur 20,588 Sauerstoffgas, weil vermuthlich der in jenen Gegenden durch das Athmen der Land- und Seethiere stattfindende Verlust aus Mangel an Vegetation nur erst in längerer Zeit durch das Herbeiströmen von Luftmassen aus pflanzenreicheren Gegenden ersetzt wird.

Außer diesen beiden Grundbestandtheilen enthält die Atmosphäre stets wechselnde Mengen von Kohlensäuregas, Wasserdampf, ferner kleine Mengen von gekohltem Wasserstoffgas und Spuren von Ammoniakal-Dämpfen. Die Gegenwart der Kohlensäure in der Luft gibt sich sogleich zu erkennen, wenn man Kalkwasser der Luft aussetzt, welches sich schnell mit einem Häutchen überzieht, das aus kohlensaurem Kalke besteht. Da in der Atmosphäre Kohlensäure selbst über dem ewigen Schnee des Montblanc gefunden worden ist, so kann nicht bezweifelt werden, daß die Kohlensäure durch die ganze Masse der Luft verbreitet sei, und man hat gefunden, daß als mittleres Verhältniß 4,9 Vol. Kohlensäure in 1000 Vol. Luft enthalten sind; aber die Menge derselben wechselt von 6,2 als Maximum bis zu 3,7 als Minimum. Die Quellen der Kohlensäure in der Luft sind sehr

mannigfaltig; dahin gehören namentlich die Respiration der Thiere und das Innere der Erde in der Gegend ausgebrannter oder noch thätiger Vulkane. Zunächst der Oberfläche der Erde findet sie sich während des Sommers in größerer Menge als im Winter, und während der Nacht in größerer Menge als am Tage, weil während der Nacht die Gewächse Kohlensäure ausstoßen. Der Regen vermindert den Kohlensäuregehalt, weil sich dieses Gas, wie wir schon aus den Vorbegriffen wissen, gerne mit dem Wasser, also auch mit der befeuchteten Erde verbindet; das Gefrieren dagegen vermehrt ihn, so wie anhaltende Trockniß, weil in beiden Fällen die Absorption durch das Wasser gehindert ist. Endlich ist der Kohlensäuregehalt in höheren Gegenden und auf den Gipfeln hoher Berge eher reichlicher vorhanden als auf den Ebenen, was in der geringeren Zersetzung durch mangelnde Vegetation hauptsächlich begründet zu sein scheint. Diese Vertheilung der Kohlensäure zeigt, daß die Wirkung der Vegetation und das Wasser auf der Oberfläche der Erde hinreicht, um die Menge derselben in der Atmosphäre innerhalb einer gewissen Grenze niedrig zu halten. — In größerer, aber in wechselnder Menge enthält die Luft Wasserdampf; in sehr geringer Menge dagegen ist das Wasserstoffgas vorhanden und nur um die Krater der Vulkane herum häufiger. Das kohlensaure Ammoniak, das den Pflanzen ihre stickstoffhaltigen Bestandtheile liefert, darf man wahrscheinlich für älter halten als das Dasein der organischen Wesen auf der Oberfläche der Erde.

Es ist aus den Vorbegriffen bekannt, daß die atmosphärische Luft nur dadurch einathembar ist, daß sie Sauerstoffgas enthält, daß ihm aber das Stickgas als Verdünnungsmittel beigegeben ist. Ungesund wird die Luft hauptsächlich durch den größeren Antheil an Kohlensäure, und in noch höherem Grade durch die Miasmen und gasförmigen Kontagien, welche auf die thierische Organisation gefahrbringend wirken. Diese verunreinigenden Stoffe sind nicht durch das Gesicht kenntlich und bestehen aus ammoniakalischen und anderen stickstoffhaltigen Dämpfen, aus Schwefelwasserstoffsäure u. dgl.; sie können Miasmen bilden, die unter mannigfaltiger Gestaltung, nicht blos auf nassem Sumpfboden, oder am Meeresstrande heißer Länder, sondern auch in Krankenhäusern, oder über lange gebrauchten Kirchhöfen Tertiärfieber, ja Typhus erregen. Nebel, welche einen eigenthümlichen Geruch verbreiten, erinneren uns in gewissen Jahreszeiten an diese zufälligen Beimischungen des unteren Luftkreises.

Endlich befinden sich in der Atmosphäre selbst feste, aber in feinen Staub zerfallene Substanzen, welche Winde und der durch die Erwärmung des Bodens erregte aufsteigende Luftstrom oft bis zu beträchtlicher Höhe erheben. Um die Inseln des grünen Vorgebirgs fällt oft ein die Luft trübender Staub, der nach Ehrenbergs Entdeckung eine Anzahl kieselgepanzerter Infusorien enthält.

Eigenschaften der Atmosphäre.

§ 48. Die Luft, weil aus Gasen zusammengesetzt, ist flüssig. Dies zeigen ihre Bewegungen beim Winde, beim Blasen, das Fortschwimmen riechbarer Stoffe in ihr unverkennbar. Das Wesen ihrer Flüssigkeit beruht, wie beim Wasser, auf der leichten Verschiebbarkeit ihrer Theilchen und dem hieraus folgenden leichten Hingleiten derselben über einander. In dieser Eigenschaft stimmt sie mit allen liquiden Körpern überein und unterscheidet sich durch sie auf bestimmte Weise von allen festen Körpern. Darf man annehmen, daß die Flüssigkeit der Luft, wie diejenige der liquiden Körper, im umgekehrten Verhältniß zu ihrer Dichtigkeit stehe, so ließe sich hieraus vielleicht der Umstand erklären, warum in den Höhen, wo die Luft dünner ist, derselbe Wind oft stärker weht als in der Tiefe. Der Unterschied der Luft, wie aller Gase, von den liquiden Körpern besteht aber darin, daß diese tropfbar-flüssig sind, während sie elastisch-flüssig ist. Drückt man eine Thierblase, in welcher Luft eingeschlossen ist, mit der Hand zusammen, so wird die Blase sogleich bei nachlassendem Drucke ihr früheres Volumen wieder einnehmen; ist sie nicht ganz aufgeblasen und bringt man sie unter die Campane einer Luftpumpe, so wird sie nach Wegnahme der sie umgebenden Luft anschwellen, und, wenn sie dünn ist, selbst zerplatzen. Das eine wie das andere Mal sehen wir zwei Kräfte wirksam, eine zusammendrückende und eine ausdehnende; im ersteren Fall übt die Hand, im letzteren die Luft, welche die Thierblase von allen Seiten umgibt, die zusammendrückende Kraft aus, in beiden Fällen wirkt ihr eine andere Kraft entgegen und macht, wenn der Druck der Hand nachläßt, daß die Thierblase ihr früheres Volumen wieder einnimmt, und wenn die Luft weggepumpt ist, daß sie sich in einen größeren Raum als vorher ausdehnt. Diese letztere Kraft kommt offenbar der Luft zu und verleiht ihr das Bestreben, sich auszudehnen, und zwar in's Ungemessene, sobald der Raum dazu gegeben ist, und sie erfüllt jedesmal den ihr gegebenen Raum ganz. Diese eigenthümliche Art der Elastizität, die nicht nur der Luft, sondern auch den Dämpfen zukommt, wird auch Expansion oder Expansibilität genannt. Die Luft unterscheidet sich aber von den Dämpfen dadurch, daß diese wieder die tropfbar-flüssige, oder selbst die feste Gestalt annehmen, sobald ihnen derjenige Grad der Wärme entzogen wird, bei welchem sie sich allein im expandirten Zustande erhalten können, während daß die Luft selbst bei einer Temperatur von – 40° R ihre Luftform nicht ändert, und deßhalb permanent-elastisch ist.

Die Kraft, mit welcher Luft ihren Raum nach allen Seiten zu erweitern sucht, oder auf die Hindernisse dieser Erweiterung drückt und von diesen wieder gedrückt wird, heißt auch die Spannung (Tension) derselben, so wie

man z. B. eine Stahlfeder gespannt heißt, wenn sie so gedrückt oder gebogen ist, daß sie wieder zurückdrückt. Wie nun eine gespannte Stahlfeder keinen größeren Druck äußeren kann als derjenige ist, durch den sie selbst gedrückt wird, so kann auch die Spannung der Luft nicht größer sein als der Druck, unter dem sie steht. Vermindert sich bei gleich bleibender Spannung der Druck, so dehnt sich die Luft so lange aus, bis sie durch die Ausdehnung selbst so viel von ihrer Spannkraft verloren hat, daß sie mit dem verminderten Drucke wieder im Gleichgewichte steht; vermehrt sich der Druck, so wird die Luft in einen engeren Raum zusammengepreßt, bis sie mit der dadurch vermehrten Spannkraft dem Drucke wieder das Gleichgewicht hält. Das Gegentheil erfolgt bei vermehrter oder verminderter Spannung und bei gleich bleibendem Drucke. Temperaturwechsel können aber die Spannung der Luft vermehren oder vermindern. Wir ersehen daraus, daß zwischen der Expansibilität der Luft und dem Raume, den sie erfüllt, ein bestimmtes Verhältniß stattfindet, und daß dasselbe auch mit ihrer Dichtigkeit der Fall ist. Vielfache Versuche, welche zur Ausmittlung dieses Verhältnisses namentlich der Italiener Mariotte angestellt hat, führten ihn auf folgendes, durch alle späteren Versuche bewährt gefundenes Gesetz:

„Die Expansibilität und Dichtigkeit einer Luftschicht verhält sich stets „wie der Druck, den sie erleidet, das Volumen aber, das sie einnimmt, ist „dem Drucke umgekehrt proportional."

Man sieht übrigens aus dem Bisherigen leicht, daß die Luft auch kompressibel ist, oder daß sie sich mit zunehmender Gegenwirkung zusammendrücken läßt und sich bei abnehmender ausdehnt, d. i.: in ihrer Expansibilität und Kompressibilität besteht eben ihre Elastizität.

Nicht nur auf alle Körper, sondern auch auf sich selbst übt die Luft einen elastischen Druck aus und dieser gegenseitige Druck der Luftmassen erhält sie im Gleichgewicht. Da nun nach dem Mariotteschen Gesetze die Dichtigkeit einer Luftschicht dem Drucke proportional ist, so müssen die tieferen Luftschichten nothwendig dichter sein; denn sie werden von einer größeren Menge höher liegender Luftmassen gedrückt und üben in gleichem Maße verstärkteren Druck auf die noch tiefer liegenden aus. Daraus folgt, daß die Erdoberfläche selbst und die auf ihr befindlichen Gegenstände den stärksten Druck empfinden, während die oberste Luftschicht unendlich dünn und der Druck für sie gleich Null sein müßte.

§ 49. Der Druck, den die oberen Luftschichten vermöge ihrer Elastizität auf die unteren ausüben, wird vermehrt durch ihre Schwere. Denn die Luft ist schwer, wie schon aus dem spez. Gewichte der Gase erhellt, aus denen sie besteht. Man hat die Schwere der Luft auf folgende Art gemessen: eine etwa 28 par. Zoll lange, an dem einen Ende geschlossene Glasröhre wurde mit Quecksilber ganz angefüllt, das offene Ende mit dem Daumen ver-

schlossen, die Röhre umgedreht und das offene Ende in ein Gefäß mit Quecksilber gesenkt. Bei'm Wegziehen des Fingers zeigte sich, daß das Quecksilber in der Röhre nicht in das Gefäß herabfiel, sondern in einer Höhe von etwa 28 p. Zoll stehen blieb. Die Ursache kann keine andere sein als das Gewicht, womit die Luft auf die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße einseitig drückt, eine Erhöhung seines Spiegels hindert und das Herabfließen der Quecksilbersäule unmöglich macht. Toricelli war der erste, der im Jahr 1643 diesen Versuch anstellte, und dadurch die Schwere der Luft bewies. Aus diesem Versuche geht zugleich hervor, daß der Druck der Luft, womit sie die Quecksilbersäule in einer Höhe von 28 Zoll erhält, gleich ist dem Drucke dieser Quecksilbersäule, und daß beide Flüssigkeiten, Luft und Quecksilber, nur dann im Gleichgewichte sind, wenn sich ihre Höhen umgekehrt verhalten, wie ihre spezifischen Gewichte. Man nennt dies den Druck einer Atmosphäre. Steigt man daher vom Meeresniveau mit der torricellischen Röhre in die Höhe, so wird das Quecksilber in derselben mit zunehmender Höhe immer mehr fallen, weil der Druck der Luft auf den freien Quecksilberspiegel immer geringer wird. Alle Versuche bestätigen dies und geben einen unmittelbar in die Sinne fallenden Beweis für die Schwere der Luft. Die torricellische Röhre, jetzt allgemein zu verschiedenen Zwecken im Gebrauch, ist unser Barometer (Luftschweremesser). Man hat dazu das Quecksilber gewählt, weil es die schwerste aller bekannten natürlichen Flüssigkeiten ist und erst bei einer nur selten und an wenigen Erdorten vorkommenden Temperatur von — 32° gefriert. Nähme man statt dessen Wasser, so würde man erstlich eine Röhre von 32 Fuß und darüber bedürfen, und zweitens wäre das Wasser in den meisten Klimaten dem Gefrieren ausgesetzt. Der mittlere Druck der Atmosphäre auf die Oberfläche des Meeres ist also, nach dem Obigen, ungefähr gleich dem Gewicht einer Quecksilbersäule von 28 par. Zoll Höhe. Da eine Quecksilbersäule von dieser Höhe und einem Quadratzoll Querschnitt beiläufig 15 Pfund wiegt, so druckt die Atmosphäre jeden Quadratzoll der Erdoberfläche mit dem Gewicht von 15 Pfunden. Die Luft ist 10450 Mal leichter als Quecksilber; die Höhe der Atmosphäre, wenn sie in ihrer ganzen Höhe von gleicher Dichtigkeit wäre, würde demnach 10450 × 28 Zoll oder 24383 Fuß, d. i. etwas über eine Meile, betragen. Allein da die oberen Luftschichten auf die unteren drücken, so werden diese dichter; es verändert sich also die Dichtigkeit mit der Höhe. In einer Höhe von 13407 par. Fuß hat die Atmosphäre, der Rechnung nach, nur eine halb so große Dichtigkeit als an der Meeresoberfläche, oder 1 Volumen ist dort zu 2 Volumen ausgedehnt, und das Barometer wird daselbst nur 14 Zoll hoch stehen; für jede folgende 13407 Fuß Höhe wird die Dichtigkeit wieder auf die Hälfte reduzirt, so daß ein Volumen Luft in einer Höhe von 80442 Fuß sich zu 64 Volumen ausdehnt, somit außerordentlich verdünnt ist.

So äußerst dünn aber auch die obersten Luftschichten sein mögen, so kann doch von keiner unendlichen Ausdehnung der Luft die Rede sein; denn alsdann müßten wir sie als einen Theil einer durch die Anziehungskraft der Erdmasse verdichteten, im Uebrigen durch den Weltraum verbreiteten unendlich dünnen Flüssigkeit ansehen, und es müßten auch die übrigen Himmelskörper der unsrigen ähnliche Atmosphären haben, welche diese Himmelskörper um sich bildeten und deren Höhe und Dichtigkeit der Anziehungskraft dieser Massen entsprächen. Allein schon der uns nahe Mond zeigt keine Atmosphäre, und wird ihm von Einigen auch eine solche beigelegt, so ist sie, wenn sie aus denselben Gasen, wie die unsrige, zusammengesetzt sein soll, doch viel dünner als seiner Masse gemäß ist. Ueberhaupt sind es vornämlich zwei Umstände, welche eine unendliche Ausdehnung der Luft unmöglich machen und ihr eine Grenze setzen. Der eine ist die Schwere, welche eine größere Annäherung der Massen zur Erde bewirkt, als außerdem stattfinden würde, der andere die von den Jahreszeiten der Erde ganz unabhängige große Kälte, welche in den höheren Regionen herrscht, die Luft verdichtet und ihre oberen Grenzen verengert. Daß die Atmosphäre dem Gesetz der Schwere unterworfen sei, erhellt daraus, daß sie an der Rotation des Erdkörpers Theil nimmt, weil sonst ohne dieses auf der ganzen Erdoberfläche Jahr aus Jahr ein ein beständiger Ostwind wehen müßte. Die Rotation erzeugt aber eine mit zunehmender Höhe immer größer werdende Umschwungsgeschwindigkeit, und es muß nothwendig eine Höhe geben, in welcher der Umschwung so stark wird, daß die jene Höhe überschreitenden Luftmassen von der Erde hinweggeschleudert und in den Weltraum zerstreut werden würden. Was aber mit einem Theile der Luftmasse geschieht, kann auch einem anderen und nach und nach allen widerfahren, und das Resultat wäre eine allmälige Verminderung und endliches Verschwinden der Luft vom Erdkörper — ein Ereigniß, das schon längst hätte eintreten müssen, aber nie eintreten wird. Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, kann, der Berechnung nach, die Ausdehnung der Luft das Fünffache des Erdhalbmessers nicht übersteigen, weil jenseits dieser Höhe die Schwungkraft größer würde als die Schwerkraft. Auch noch aus einem anderen Grunde müssen wir der Atmosphäre eine Grenze beilegen. Wenn man annimmt, daß die kleinsten Theile der Luft, die immer noch eine gewisse Größe und ein bestimmtes Gewicht besitzen, unter dem Einflusse einer kräftigen gegenseitigen Abstoßung (Repulsion) stehen, wie dies bei allen gasförmigen Körpern vorkommt, und sich deshalb von einander zu entfernen streben; so wird sich diese Abstoßungskraft in dem Verhältnisse vermindern, in welchem die Entfernung der kleinsten Theile von einander zunimmt, und endlich wird das Gewicht der kleinsten Theile der Repulsion das Gleichgewicht halten und einer ferneren Zerstreuung hinderlich sein. Nach dieser Ansicht würde die durch Entfernung des Druckes bewirkte Ausdehnung der Luft bei einem be-

stimmten Punkte der Verdünnung aufhören, und die Luft bekäme, eben weil sie sich nicht mehr ausdehnt, eine Oberfläche, wie eine Flüssigkeit und also auch eine Grenze. Wir besitzen indeß kein direktes Mittel, mit dessen Hülfe wir im Stande wären, die absolute Höhe zu bestimmen, zu welcher sich die Atmosphäre erstreckt; wir können nur diejenige Grenze bestimmen, welche sie mindestens haben muß. Aus Berechnungen nämlich, die sich auf die Erscheinung der Reflexion des Lichtes gründen (s. weiter unten Durchsichtigkeit der Atmosphäre), ergibt sich, daß sich die Atmosphäre in wahrnehmbarer Dichtigkeit bis zu einer Höhe von 9 – 10 Meilen erstreckt.

Die um die Erdachse rotirende Atmosphäre kann keine kugelförmige Gestalt haben, sondern muß, wie der feste Erdkörper, ein elliptisches Sphäroid sein. Die Abplattung wird aber größer sein als beim Erdsphäroid, weil die Schwungkraft an der oberen Luftgrenze größer, die Schwere geringer und die Beweglichkeit der Theile vollkommen ist. Größer als $1/3$ kann sie jedoch nicht sein, weil sonst die Schwungkraft im Aequator so groß würde, daß die äußersten Lufttheilchen die Erde verließen. Nach Berechnung der Einen ist die Höhe des Luftsphäroides unter dem Aequator 27,5 geogr. M., unter den Polen 27,1 g. M., die Abplattung also gleich $1/254$, nach Anderen betrügen die beiden Höhen gar nur 7,7 und 5,8 g. M., somit die Abplattung $1/177$.

Wer das Barometer beobachtet, weiß, daß an denselben Orten die Höhe der Quecksilbersäule nicht gleich bleibend ist, sondern bald steigt, bald fällt; der Luftdruck ist also kein konstanter. Das arithmetische Mittel aus einer größeren Anzahl an einem Orte beobachteter Barometerstände gibt den mittleren Druck der Atmosphäre und zugleich den diesen Druck messenden mittleren Barometerstand des Ortes. Ist die atmosphärische Luft im Gleichgewicht ihrer Schwere, so wird der mittlere Druck derselben auf alle Punkte der Meeresoberfläche, welche die einzige gleichförmige Fläche ist, gleich sein; wird aber das atmosphärische Gleichgewicht gestört, indem durch verschiedene Ursachen Veränderungen in der Dichtigkeit der Atmosphäre herbeigeführt werden, so wird der mittlere Luftdruck am Meeresspiegel vermindert oder vermehrt.

Das merkwürdige Bestreben verschiedener Gasarten, die freien Zutritt zu einander haben, sich, selbst der Wirkung ihres Gewichtes ganz entgegen, in einander auszubreiten (zu diffundiren), ist so groß, daß sie keinen Widerstand gegen einander leisten, sondern daß sich ein Gas in einem Raume, der schon von einem anderen Gase eingenommen ist, ganz wie im luftleeren Raume ausbreitet und ausdehnt. Dasselbe gilt auch von Dünsten aus flüssigen Körpern, welche in die Atmosphäre aufsteigen. Von den verschiedenen Gasarten, welche die Atmosphäre zusammensetzen, erfüllt daher jede den ganzen Raum, als ob sie allein und die übrigen nicht vorhanden wären, und wird

von Oben nach Unten dichter. „Die Atmosphäre besteht demnach, sagt Studer, aus eben so vielen besonderen Atmosphären als sie verschiedenartige Gemengtheile hat, jede dieser Atmosphären übt ihren besonderen Druck auf das Barometer aus, und dieses gibt die Summe aller dieser einzelnen Pressionen an.“ Von den Gemengtheilen des Luftkreises üben nun einen meßbaren Druck auf das Barometer aus das Stickstoff- und Sauerstoffgas, die Kohlensäure und der Wasserdampf. Setzt man, nach Studer, in 100 Theilen atmosphärischer Luft den mittleren Gehalt der Kohlensäure etwa zu 0,04, an Wasserdampf zu 1,00, an Sauerstoff zu 22,6 und an Stickstoff zu 76,20 Gewichtsprozenten an, so ist, wenn der normale mittlere Luftdruck am Meere, als Gesammtdruck aller dieser Gemengtheile, gleich 337''',5 gesetzt wird, darin der Druck

des Stickgases	. .	250,61
„ Sauerstoffgases	.	84,60
„ Kohlensäuregases	.	0,20
„ Wasserdampfes	.	2,09
		337''',50

Da in den verschiedenen Zonen, zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten und in Folge des Temperaturwechsels die Verdünstung des Wassers ungleich ist, so ist auch die Menge des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes nicht überall und zu allen Zeiten gleich groß und eben deshalb der Druck der Wasserdampfatmosphäre sehr veränderlich. Am größten ist derselbe vom Aequator bis zum 15° s. Br., bis wohin er durchschnittlich 16''' — 15''' beträgt, unter 30° ist er 11''', unter 45° beträgt er 5''' und unter 70° nur noch 1''',6, so daß der Druck der dampffreien Atmosphäre gegen die Pole hin zuzunehmen scheint. Das veränderliche quantitative Verhältniß des Wasserdampfes in der Luft erklärt einen Theil der unregelmäßigen Schwankungen der Quecksilbersäule; andere Ursachen derselben sind Winde und der Wechsel der Temperatur, indem durch Wärme oder Kälte die Luft ausgedehnt oder zusammengezogen, also leichter oder schwerer wird; die schwerere Luft aber sinkt, die leichtere steigt in die Höhe. Humboldt erklärt daher den niedrigen Barometerstand am Aequator und überhaupt unter den Wendekreisen aus dem aufsteigenden Luftstrom, der durch die höhere Erwärmung dieser Zone bewirkt wird, und aus derselben Ursache sinkt in Bündten und anderwärts das Barometer vor und während des Föhns bedeutend, wenn dieser Wind eine hohe Temperatur mit sich führt und mit stark expandirten Wasserdämpfen überladen ist. Winde sind zwar eben so oft Wirkungen als Ursache der Störung des atmosphärischen Gleichgewichts, aber herrschende Winde üben einen hauptsächlichen Einfluß auf die Verminderung des Luftdrucks aus, wozu dann kommt, daß mit derselben die mittlere Höhe des Meeres etwas zunimmt. Neben der größeren Wärme in der Aequatorzone hat auf den niedrigeren Barometerstand daselbst

auch die größere Schwungkraft Einfluß, wodurch die Atmosphäre weniger gegen die Erde gravitirt als unter höheren Breiten, mit der Breite aber ändert sich die Schwere, und damit der davon abhängige Druck. Nicht unberücksichtigt darf auch der Umstand bleiben, daß die schwereren Gasarten sich selbst mehr drücken und darum dichter werden als die leichteren. Der Druck aber, den eine Luftmasse auf einen Körper ausübt, verhält sich, nach Mariotte, wie die Dichtigkeit der Luft da, wo sie den Körper berührt. Je dampffreier die Atmosphäre unter höheren Breiten ist, desto höher wird der Barometerstand sein. Unter Berücksichtigung aller dieser Einflüsse und gestützt auf vieljährige Beobachtungen hat man folgende Regeln aufgestellt, die hinsichtlich der unregelmäßigen Schwankungen des Barometers mehr oder weniger allgemeine Gültigkeit ansprechen dürfen.

In den Tropengegenden hat das Barometer für + 10° R Quecksilberwärme den mittleren Stand von 336 — 337 par. Linien, von den Wendekreisen bis zu mittleren Breiten scheint es sein Maximum zu erreichen im westlichen Europa, wo er 337 — 338,5 p. L. beträgt. In Breiten über 45° hinaus nimmt diese Höhe ab, jedoch nicht gleichmäßig bis zu den Polen hin; auch ist unter gleicher Breite nicht überall ein gleicher Stand für den Meeresspiegel gefunden worden. Die niedrigsten Barometermittel gehören den Sturmregionen der Erde an, die in der Nähe der Polarkreise liegen, in der nördlichen Halbkugel Island, in der südlichen Cap Horn, wo das Mittel 333''',6 gefunden worden ist. — Mit zunehmender Breite wird die Veränderlichkeit des Luftdrucks immer größer, und zwar in dem Verhältniß von 1 — 2 Linien vom Aequator bis zu 3 Zollen in den hochnordischen Sturmklimaten. In den Gegenden, wo sich Sommer und Winter unterscheiden, sind diese unregelmäßigen Veränderungen im Winter 2 bis 3 Mal stärker als im Sommer. — Ein großer Theil derselben hängt vom Winde ab, und zwar bringen im mittleren Europa die Südwinde den tiefsten, die Nordostwinde den höchsten Barometerstand hervor. Ich habe indes von dieser Regel in Chur öftere Ausnahmen wahrgenommen, indem ich wiederholt bei mehrere Tage anhaltendem, oft starkem Südwind einen Barometerstand von 316 — 318,5 p. Lin. beobachtet habe, während dagegen kurz vor- oder nachher bei anhaltendem straffem Nordost mein Barometer nicht mehr als 315 — 316 L. zeigte. (Stand meines Barometers etwa 1850 F. ü. M.). — Das Barometer pflegt zu fallen, wenn die Luft Neigung zu Niederschlägen, besonders zu Gewittern zeigt. Vor und während heftiger Stürme, wenn dieselben von derjenigen Seite kommen, die überhaupt tiefere Stände bewirkt, beobachtet man in der Regel die tiefsten Barometerstände.

Außer diesen unregelmäßigen gibt es auch *regelmäßige* Barometerschwankungen, die an eine *jährliche* und *tägliche Periode* geknüpft sind. Die erstere hängt mit den wärmeren und kälteren Monaten zusammen, so

daß den wärmeren die niedrigeren Stände angehören. Entschieden treten diese Unterschiede nur in den Tropengegenden auf, wo überhaupt die Wirksamkeit der Naturkräfte sich in einer größeren Regelmäßigkeit kund gibt, nehmen dagegen mit höheren Breiten immer mehr ab und verlieren an Regelmäßigkeit. Die tägliche Periode besteht in stündlichen Schwankungen, in welchen das Barometer unter den Tropen zweimal, nämlich um 9 oder 9¼ Uhr Morgens und um 10½ oder 10¾ Uhr Abends, am höchsten und zweimal, nämlich um 4 oder 4¼ Uhr Nachmittags und um 4 Uhr Morgens, also fast in der heißesten und kältesten Stunde, am niedrigsten steht. Die Regelmäßigkeit dieser täglichen Schwankungen, sagt Humboldt, ist so groß, daß man, besonders in den Tagesstunden, die Zeit nach der Höhe der Quecksilbersäule bestimmen kann, ohne sich im Durchschnitt um 15 bis 17 Minuten zu irren. Der Unterschied beträgt 1¼ bis 1½ Linien. Diese Erscheinung, bekannt unter dem Namen der atmosphärischen Ebbe und Fluth, ist auch in höheren Breiten bemerkbar, die Zeit, wo das Maximum und Minimum des Barometerstandes eintritt, ist zwar nahe dieselbe, aber erstlich vermindern sich die Unterschiede beträchtlich, sodann sind sie nach den Jahreszeiten verschieden, im Winter geringer als im Sommer, und verstecken sich häufig unter einer Menge von Lokalstörungen. Nach Humboldt rührt die atmosph. Ebbe und Fluth nicht, wie die des Meeres, vom Monde, sondern von der Sonne her, die nicht durch ihre Masse, sondern als Wärme verbreitendes Gestirn wirkt, indem es durch Modifikation der Temperatur periodische Veränderungen in der Atmosphäre hervorbringt.

Da mit den Veränderungen im Drucke der Luft gewöhnlich ein Wechsel der Witterung verbunden ist, so wurde dies Veranlassung, das Barometer als Voranzeige des Wetters, als Wetterglas, zu benutzen, indem man in seinen Veränderungen die kommende Witterung unmittelbar zu lesen versichert ist. In der gemäßigten Zone unterliegen die Barometerschwankungen stets mehr oder weniger den Einflüssen der Witterung, welche die Luft bald wärmer, bald kälter, bald feuchter, bald trockener macht, und dadurch ihren Druck und ihre Spannkraft verändert. Unter den gehörigen Einschränkungen ist daher der Gebrauch des Barometers als Wetterglas nicht gerade zu verwerfen, nur erwarte man nie vom Barometer eine sichere Vorausverkündigung des Wetters. Indeß gilt ziemlich allgemein, daß das Barometer fällt, wenn Regen oder Schnee bevorsteht, d. i. die Druckkraft der Luft ändert sich auch schon dann, wenn zunächst nur in den höheren Regionen Wasserdampf anfängt in tropfbares oder festes Wasser überzugehen; denn erstlich entsteht eine Minderung des elastischen Druckes des Wasserdampfes, sodann verdünnt jede Abnahme des vorhandenen Wasserdampfes den rückbleibenden dadurch, daß der zu Wasser gewordene Dampf Wärme entbindet, somit die Druck- und Spannkraft des rückbleibenden schwächt. Wenn Landregen eintreten soll,

so muß daher das Barometer jedenfalls unter den mittleren Stand herabgehen; auch sind es besonders Winde, deren Stärke und Richtung sich auf den Barometerstand von entschiedenem Einflusse zeigen, indem sie Aenderungen in der Feuchte, in der Dichte und in der Strömungsrichtung der das Barometer örtlich umgebenden Luft hervorbringen, entweder durch wechselnde Zusammendrückung oder Ausdehnung, oder besonders durch Aenderung der Lufttemperatur. Weil sich daher das Barometer so empfindlich zeigt vor und während Winden, so ist es für die Seefahrer ein unentbehrliches Instrument zur Vorausbestimmung von Stürmen geworden, vor deren Eintritt es beharrlich sinkt. In allen anderen Fällen entspricht aber, wie bemerkt, das Barometer gar nicht immer den Wünschen, die man hinsichtlich der Witterung hat, und wer es weiß, was das Barometer eigentlich zu leisten hat, wird wegen des Nichteintritts erwarteter Witterung dasselbe nicht anklagen. Das Barometer, als Schweremesser, ist zuverlässig, aber keineswegs als Wetterglas; denn Veränderungen im Barometerstand erstrecken sich meistens über ganze Länder, nicht selten über ganz Mitteleuropa, während daß Witterungserscheinungen bei Weitem mehr lokal sind und bei gleicher Aenderung des Barometers die eine Gegend heiteres Wetter, die andere aber Regen hat.

Sicherere Dienste, als für die Vorverkündigung des Wetters, leistet das Barometer bei Höhenmessungen, weil es den Druck der Luft bestimmt, der mit der Höhe abnimmt. Wenn mithin am Fuße des Berges, dessen Höhe gemessen werden soll, die ganze bis zur Grenze der Atmosphäre reichende Luftsäule mit ihrem Gesammtgewicht den Druck hervorbringt, welchen dort die Quecksilbersäule abmißt, so muß dieser Druck auf dem Gipfel des Berges offenbar um so viel geringer sein, als es das Gewicht des nun unterhalb liegenden Theiles der Luftsäule fordert. Das zu Höhenmessungen bestimmte Barometer heißt Hypsometer, dessen Konstruktion, weil es getragen werden muß, besondere Vorrichtungen erheischt, im Wesentlichen aber auf demselben Prinzip beruht, wie die des gewöhnlichen Barometers. Will man in irgend einer Gegend hypsometrische Messungen anstellen, so ist eines der ersten Erfordernisse dies, daß man den mittleren Barometerstand der Gegend kenne. Die übrigen Vorsichtsmaßregeln, die zu diesem Zwecke zu beachten sind, faßt Mädler in folgende sechs Punkte zusammen:

1) Man vergleiche barometrisch nur Orte mit einander, die nicht zu weit aus einander liegen;

2) man stelle die Beobachtungen an beiden Orten durchaus gleichzeitig an (wozu 2 Beobachter mit 2 übereinstimmenden, genau verglichenen Instrumenten gehören) und wiederhole diese Beobachtungen mehrmals bei verschiedenen Luft- und Temperaturzuständen;

3) man bediene sich nur der Mittagsbeobachtungen, nicht aber derjenigen bei Sonnen Auf- und Untergang;

4) man ziehe die Temperatur des Quecksilbers im Barometer in Betracht weil die Wärme eine vom Luftdruck unabhängige Veränderung des Volumens aller Materie, also auch des Quecksilbers bewirkt;

5) ebenso die Temperatur der im Schatten befindlichen Luft, und endlich

6) die geographische Breite, welche die Schwere und den davon abhängigen Druck ändert. Da diese Veränderung aber gering ist, so genügt es, selbst für bedeutende Höhen, die Breite in Graden zu kennen.

Auch die Winde sind nicht außer Acht zu lassen, besonders wenn in den unteren Regionen ein anderer Wind weht als in den oberen. Warme Winde dehnen die Luft aus, vermindern folglich ihren Druck und vergrößern so die Höhe, in welcher das Barometer um eine bestimmte Quantität fällt; auch mit feuchten Dämpfen überladene Winde wirken gleichfalls auf das Barometer und erheischen Berücksichtigung. Mit Beobachtung dieser Vorsichtsmaßregeln und Korrektionen kann man im Allgemeinen annehmen, daß man Höhen von nicht zu beträchtlicher Differenz bis auf 15 — 20 Fuß Unsicherheit bestimmen könne; in günstigen Fällen und bei sehr nahe gelegenen Punkten kann dies noch genauer geschehen.

Hypsometrische Beobachtungen lehren übrigens, daß das Barometer nicht einzig in dem Maße fällt, in welchem immer weniger Luftschichten auf dessen Quecksilberspiegel drücken; es fällt vielmehr, je höher man steigt, zugleich in dem Maße schwächer, als die drückenden Luftschichten minder dicht werden. Die zum Zweck den Luftdruck zu messen von Gay-Lüssac gemachte Luftfahrt gibt dafür einen deutlichen Beleg. Wenn Gay-Lüssac in seinem Luftballon aus einer Höhe von 20000 F. sich auf 19000 F. herabließ durch eine 1000 F. mächtige Schicht höchst dünner, leichterer Luft, so hatte er bei 19000 F. Höhe das Barometer durch den Druck jener Schicht nicht so viele Linien steigen sehen, als wenn er sich zuletzt von 1000 F. Höhe bis auf's Meeresufer durch eine zwar gleich mächtige Schicht, aber weit dichtere Luft herunterließ. Das Barometer fällt, wenn man vom Meere an um 74⅔ Fuß (nach Anderen um 77,7 p. F.) steigt, im Durchschnitt 1 Linie, d. i. um $1/336$ der 28 Zoll = 336 Lin. hohen Säule; steigt man wieder 74⅔ F., so nimmt die 335 Lin. hohe Säule wieder um $1/336$ ab, und so fort in abnehmender Progression. Nimmt man den mittleren Barometerstand von Chur zu 313,4 Linien an und steigt von da 74⅔ F. in die Höhe, so fällt das Barometer um $1/336$ von 313,4 Linien.

§ 50. Eine andere Eigenschaft der Luft, wie aller Gase, ist ihre Durchsichtigkeit, die sie in hohem Grade besitzt, ohne deshalb absolut durchsichtig zu sein. Ein Körper ist durchsichtig (diaphan), wenn er dem Lichte den Durchgang durch seine Masse gestattet, und man durch ihn hindurch die verschiedenen Formen und Farben der Gegenstände deutlich erkennt. Die Durchsichtigkeit der Luft ist bekanntlich ungleich, auf hohen Bergen ist sie

größer als in der Tiefe, wo die bedeutende Menge vorhandener Dünste und anderer Stoffe, sowie die größere Dichtigkeit der Luft dieselbe schwächen. Man sieht daher auf hohen Bergen die Sterne in viel größerer Klarheit und überhaupt die Gegenstände viel schärfer als unten; von der Tiefe aus gesehen aber vermindert sich die Hellheit oder der Glanz der Sterne, weil die Zahl der durch die Atmosphäre dringenden Lichtstrahlen immer geringer, die Schwächung des Lichtes also immer bedeutender wird. In der Tropenzone, wo zur trockenen Jahreszeit die Luft in hohem Grade verdünnt, die wässerigen Dünste vollkommen aufgelöst sind, ist die Durchsichtigkeit der Luft ebenfalls sehr groß, so daß z. B. Humboldt den Mond während einer Finsterniß eben so hell sah als es der volle Mond bei uns ist, wenn er anfängt, sich über den Horizont zu erheben.

Wäre die Luft völlig durchsichtig, so würden die Lichtstrahlen durch sie hindurchgehen und wir von denselben keine Spur wahrnehmen, wenn wir uns nicht gerade da befänden, wohin ihr Weg sie direkt führt. Allein die Lufttheilchen besitzen, wie fast alle Körper, die Eigenschaft, einen größeren oder geringeren Theil des auf sie treffenden Lichtes zurückzuwerfen (zu reflektiren). Sähen wir blos vermittelst der Lichtstrahlen, welche unmittelbar von der Sonne kommen, so umgäbe uns tiefe Nacht, sobald wir dem Tagesgestirn den Rücken kehrten; sähen wir nur vermittelst reflektirten Lichtes, das von festen Körpern zurückgeworfen wird, so leuchteten allerdings diese Körper, aber mitten in der Finsterniß; der Himmel, der Horizont, kurz die ganze uns umgebende Welt konnte so, wie sie sich uns zeigt, nur dadurch beleuchtet werden, daß das Sonnenlicht allseitig, in jeder Richtung von den unzähligen Luft- und Dunsttheilchen reflektirt wird. Diese Eigenschaft der Luft, das Licht zu reflektiren, bewirkt also, daß wir, auch wenn wir den leuchtenden Körper selbst nicht sehen, doch noch die von ihm erleuchtete Luft wahrnehmen können. Sie ist unter Anderem die Ursache des Zwielichtes, oder der Morgen- und Abenddämmerung. Es sei Fig. 27 AB ein Theil des Erdumfangs, LL ein Theil der Atmosphäre und es bewege sich ein Lichtstrahl von S her, der als Tangente in A die Erdoberfläche trifft: so ist klar, daß man jenseits A nach B hin den Körper S, der uns die Sonne vorstelle, nicht mehr sehen kann. Weil aber der Lichtstrahl in der Richtung SA durch die Atmosphäre hinfährt, so wird diese ihn theilweise auf die Gegend jenseits reflektiren, und ist C der Punkt, wo die Fähigkeit der Luft, den Strahl zu reflektiren, aufhört merklich zu sein, so wird die gerade Linie CB die Grenzen auf der Erdoberfläche bezeichnen, bis wohin noch eine Spur des von S ausgehenden Lichtes, oder die Dämmerung wahrgenommen werden kann. Die Menge der reflektirten Strahlen ist indes so gering, daß die Dämmerung nur bei den Sonnenstrahlen in einem bedeutenderen Grade merklich wird. Man unterscheidet die astronomische und bürgerliche Dämmerung; jene

beginnt z. B. am Morgen, wenn die kleinsten Sterne zu verschwinden anfangen, und dies geschieht, wie man aus vielen Beobachtungen gefunden hat, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte steht; die bürgerliche Dämmerung beginnt, wenn das deutliche Erkennen der Gegenstände anfängt, oder wenn die Sonne 6° 23′ 30″ unter dem Horizonte ist. Die Dauer der ersteren ist der Zeit gleich, welche die Sonne gebraucht, um die Höhe der 18° zu erreichen, also in den Nachtgleichen 1 Stunde 12 Minuten. Für andere Jahreszeiten und in höheren Breiten ist sie verschieden; so dauert zur Zeit des längsten Tages in denjenigen Gegenden, in denen selbst um Mitternacht die Sonne weniger als 18° unter dem Horizonte steht, die Dämmerung die ganze Nacht hindurch, und dies geschieht zur Zeit des Sommersolstitiums von 48° 32′ n. Br. an. In der gemäßigten Zone dauert die Dämmerung die größte Zeit des Jahres täglich über 4 Stunden, wodurch im Allgemeinen der Genuß des Tageslichtes jährlich über 1500 Stunden verlängert wird. An den Polen währt sie noch 52 Tage nach dem Untergange der Sonne zur Zeit der Aequinoktien. So dauert am Nordpol, nachdem die Sonne am 23. Sept. untergegangen ist, die Dämmerung bis zum 13. Nov. fort; erst dann tritt völlige Dunkelheit ein und währt bis zum 29. Januar, wo sich die ersten Spuren der großen Morgendämmerung zeigen, die, immer heller werdend, schon im Anfang des März alle Sterne ausgelöscht hat und am 21. März die Sonne heraufführt. Man sieht aus dem Bisherigen leicht, daß die Dämmerung die eigentliche dunkle Nacht um ein Beträchtliches verkürzt, so daß in allen Erdgegenden während eines g a n z e n Jahres viel mehr Tag als Nacht ist. Unter dem Aequator, wo die Verkürzung der Nacht durch die Dämmerung am geringsten ist, kommen von den 8646 Stunden des Jahres 4348 St. auf den Tag, 852 auf die Dämmerung und 3446 St. auf die Nacht; unter den Polen dagegen hat das Jahr 4389 St. Tag, 2370 St. Dämmerung und 1887 St. Nacht.

Die Menge des zurückgeworfenen Lichtes hat Einfluß auf die Färbung, unter welcher uns der reflektirende Körper erscheint. Körper, welche am meisten Lichtstrahlen zurückwerfen, ohne daß dabei eine Art von Farbenstrahlen vorwaltet, erscheinen glänzend weiß, wie z. B. Schnee oder gewisse Wolken, die mit weißem Silberlicht leuchten und dadurch die Helligkeit des Tages bedeutend vermehren; wo weniger Lichtstrahlen von allen Punkten der Oberfläche nach allen Richtungen reflektirt werden, da eignen wir dem Körper ein graues Ansehen zu, wie z. B. Regenwolken; wo endlich der zurückgeworfene Antheil an Licht sehr gering ist, da geht dieses Grau immer mehr in's Schwarze über, und völlig schwarz erscheinen diejenigen Körper, die gar keinen Theil des empfangenen Lichtes reflektirt zurückgeben.

§ 51. Die Luft ist nicht nur durchsichtig, d. h. sie läßt nicht nur das Licht, sondern sie läßt auch die W ä r m e durch und ist darum d i a t h e r m a n. Die

Sonnenwärme kann nur, nachdem sie durch die atmosphärische Luft gegangen ist, die Erde treffen, und wenn sich die Luft während eines schönen Tages erwärmt, so werden bekanntlich alle übrigen Körper auf der Erdoberfläche ebenfalls erwärmt, und die Temperatur derselben ist im Allgemeinen weit höher als die der Luft. So verbreitet auch eine rothglühende Eisenkugel ringsum Wärme, ohne daß die sie nicht berührenden Luftschichten eine höhere Temperatur erhalten. Wir treffen aber hier auf dasselbe Verhältniß, wie beim Licht. Wäre die Luft vollkommen diatherman, so könnte sie selbst durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen nicht erwärmt werden. Dies ist aber bekanntlich der Fall, und man beobachtet je nach den Zonen, Tages- und Jahreszeiten, so wie nach dem verschiedenen Stand über dem Meeresspiegel verschiedene Temperaturverhältnisse der Erdatmosphäre, mit welchen wir uns zunächst zu beschäftigen haben.

Hier tritt nun der § 43. vorgesehene Fall ein, nach welchem wir bei Betrachtung der atmosphärischen Wärme uns nicht auf die Luft allein beschränken können, sondern auch bis zu einer gewissen Tiefe die die Erdoberfläche bildenden Erdschichten mit berücksichtigen müssen; denn wenn zwar unmittelbar die Sonne die hauptsächlichste Ursache atmosphärischer Wärme ist, so empfängt die Atmosphäre doch einen Theil ihrer Wärme auch von der durch die Sonnenstrahlen erwärmten Erdfläche, und wir werden somit hier auch deren Temperaturverhältnisse und zwar zuerst in Betracht zu ziehen haben. Vorher aber, ehe wir auf die Sache selbst eingehen, muß der im Folgenden häufig vorkommende Ausdruck „mittlere Temperatur" erklärt werden. Die wahre mittlere Temperatur ist diejenige, welche für eine gewisse Zeitperiode denselben Wärmeeffekt hervorbringen würde, als die Summe der für dieselbe Periode auf einander folgenden wirklich stattfindenden Temperaturen. Näherungsweise findet man die mittlere Temperatur eines Tages, wenn man die in allen Augenblicken des Tages angestellten Temperaturbeobachtungen addirt und diese Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividirt. Da aber die Temperaturveränderungen nicht plötzlich und auch nicht sehr regelmäßig erfolgen, so kann man statt jeden Augenblick jede Stunde während der 24 Stunden des Tages Beobachtungen anstellen, oder endlich man kann, wie die Erfahrung gelehrt hat, das Mittel aus drei Beobachtungen nehmen, davon die erste bei Sonnenaufgang, die zweite zwei Stunden nach Mittag und die dritte beim Untergang der Sonne angestellt wird. Die mittlere Temperatur des Monats wird erhalten, wenn man die mittleren Temperaturen aller Tage des Monats addirt und die Summe durch die Anzahl dieser Tage dividirt. Die mittlere Temperatur des Jahres erhält man, wenn man die Summe aus den mittleren Temperaturen der 12 Monate mit der Zahl dieser Monate dividirt. Um endlich die mittlere Temperatur eines Ortes zu bestimmen, muß man das Mittel

aus einer hinreichend großen Anzahl mittlerer Temperaturen des Jahres nehmen; und es ist nöthig in denjenigen Klimaten, wo die Beobachtungen von mehreren auf einander folgenden Jahren sehr verschiedene Mittel geben, eine große Anzahl von Jahren hindurch Beobachtungen anzustellen, um eine der Wahrheit annähernde mittlere Temperatur zu erhalten. Jeder Ort der Erde hat eine mittlere Temperatur, und alle bekannte Beobachtungen scheinen zu beweisen, daß sämmtliche Klimate der Erde stabil und ihre Veränderungen nur Perioden, oder mehr oder weniger ausgedehnte Schwankungen sind.

Historische Zeugnisse sowol, als geognostische Untersuchungen setzen es außer Zweifel, daß die Erde einst in viel größerer vulkanischer Thätigkeit war, als gegenwärtig, daß also das Erdinnere mit der jetzt starren Oberfläche in weit ausgedehnterer Wechselwirkung stand, als jetzt. Die Hitze des Erdinneren mußte also auch der Oberfläche sich mittheilen, während jetzt gar keine solche Wechselwirkung im Allgemeinen mehr übrig ist. Damals bedurfte es nicht des Sonnenlichtes zur Erwärmung; ihre Wirkung konnte der allgemein auf der Erde herrschenden Temperatur nichts hinzufügen. Jetzt aber, wo erst in einer Tiefe von einigen tausend Fuß eine bedeutende Hitze herrschen muß, ist es anders; die jetzige Temperatur der äußeren Erdrinde kann nur als die Wirkung der Sonne angesehen werden, und man hat in dieser Beziehung zweierlei Bewegungen der Wärme zu unterscheiden. Die eine ist außerordentlich langsam, indem ein Theil der in der Aequatorialgegend eingedrungenen Wärme in dem Inneren der Erdrinde sich gegen die Pole hinbewegt und sich dann an den Polen in den Luftkreis um den fernen Weltraum ergießt. Die andere Art der Wärmebewegung verändert die Temperatur der Erdschichten, indem nach Verschiedenheit des Sonnenstandes und der Jahreszeiten und durch Leitung von Oben nach Unten eindringt die Wärme auf demselben Wege nach Oben durch Leitung und Strahlung entweicht. Dies hat bei der sehr langsamen Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens eine doppelte Wirkung zur Folge, indem einerseits dadurch die Wärme sich im Inneren der Erde nur bis zu sehr geringen Tiefen fortpflanzt, andrerseits im Winter der Wärmeverlust geschwächt und tiefwurzelnden Bäumen günstig wird. „Punkte, die in derselben Vertikallinie, aber in verschiedenen Tiefen liegen, erreichen daher zu sehr verschiedenen Zeiten den höchsten und geringsten Grad der mitgetheilten Temperatur. Je mehr sie sich von der Oberfläche entfernen, desto geringer sind die Unterschiede dieser Extreme, und in einer gewissen Tiefe wird die Temperatur Sommer und Winter unveränderlich sein." Die Schicht unveränderlicher Temperatur wird aber nicht überall in gleicher Tiefe gefunden. Das Thermometer in den Kellern der pariser Sternwarte (in etwa 90′ Tiefe) zeigt seit mehr als 50 Jahren eine konstante Temperatur von 9°, 45. In den Tropengegenden liegt diese

Schicht bei Weitem nicht so tief, weil dort die Temperaturdifferenzen der Jahreszeiten gering sind, ihre Tiefe nimmt aber mit der geographischen Breite zu, und in unsern Klimaten beträgt sie 75 bis 90 Fuß. Es ist natürlich, daß da, wo diese Schicht liegt, alle plötzlichen oder periodischen Temperaturveränderungen, welche die äußere Erdkruste in Folge des Wechsels von Tag und Nacht, der Winde und der Jahreszeiten erfährt, erlöschen müssen. Die Temperatur dieser Schicht scheint für alle Oerter der Erde etwas höher zu sein, als die mittlere jährliche Temperatur an der Erdoberfläche, und der Ueberschuß scheint mit der geographischen Breite zuzunehmen. Man kann sich also diese Schicht um die ganze Erde unter ihrer Oberfläche denken, wovon jeder Punkt immer dieselbe Temperatur behält; aber zugleich hat man sich dieselbe nicht als eine regelmäßig gekrümmte Kurve vorzustellen, weil Ebenen, Berge und Thäler, Plateaus, die Beschaffenheit des Bodens hinsichtlich seiner Wärmeleitungsfähigkeit, Landseen, Meere und vielleicht noch viele andere Ursachen auf die Krümmungen dieser Schicht Einfluß haben.

Aus den der Zahl nach bis jetzt freilich geringen Temperaturbeobachtungen, welche zwischen der Erdoberfläche und einer Tiefe von 60 — 90 p. F. angestellt worden sind, und im Allgemeinen nur bis zu einer Tiefe von 20 — 25 F. reichen, scheinen sich für Oerter mittlerer geogr. Breiten der nördlichen Hemisphäre folgende Resultate zu ergeben:

1) die täglichen Temperaturveränderungen erstrecken sich nur bis zu einer Tiefe von etwas über 3 Fuß, in einer Tiefe von 4 Fuß hören bereits die täglichen Unterschiede der Wärme auf;

2) die mittleren jährlichen Temperaturen der verschiedenen Schichten sind wenig von der mittleren jährlichen Temperatur der Luft verschieden;

3) die Unterschiede zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur jeder Schicht nehmen in geometrischer Progression ab, wenn die von der Erdoberfläche aus gezählten Tiefen in arithmetischer Progression zunehmen;

4) die Gesammtheit der Beobachtungen lehrt, daß die jährliche Temperaturveränderung in einer Tiefe von 25 — 30 Fuß nicht mehr als etwa 1°, in einer Tiefe von 45 — 50 Fuß nicht mehr als 0°,1 und in einer Tiefe von 60 — 65 Fuß noch nicht 0°,01 beträgt;

5) in einer Tiefe von etwa 25 Fuß, wo die Temperaturveränderung 1° beträgt, folgen die Jahreszeiten aus einem leicht zu errathenden Grunde in umgekehrter Ordnung auf einander, d. i. die höchste Temperatur findet gegen den 1. Januar, die niedrigste gegen Ende Juni Statt.

Steigt man in größere Tiefen hinab von der Schicht an gerechnet, worin alle an der Erdfläche stattfindenden Schwankungen des Thermometers nach einer allmäligen Abnahme erlöschen, so zeigen alle Beobachtungen, welche man bis in eine Tiefe von 1500 F. unter diese Schicht gesammelt hat, daß

die Temperaturen in allen Tiefen völlig konstant, und zwar desto höher sind, in je größere Tiefen man eindringt (§. 45.).

Hinsichtlich der Temperatur an der Erdoberfläche, welche gegenwärtig als die alleinige Wirkung der Sonne anzusehen ist, hat man vor Allem zu beachten, daß der höchste und niedrigste Grad der Erwärmung mit dem der Erleuchtung nicht zusammenfällt. Ein Gegenstand ist augenblicklich erleuchtet, so wie ihn der Lichtstrahl trifft; aber zur Erwärmung durch die Sonne wird Zeit erfordert, und man sieht daraus, daß Erwärmung und Erleuchtung nicht mit einander harmoniren. Wird ferner ein Gegenstand nicht mehr vom Licht betroffen, so hört sofort auch seine Erleuchtung auf, aber keineswegs der in ihm erregte oder ihm mitgetheilte Wärmegrad; auch zur Wärmeabnahme wird also Zeit erfordert. Fielen Erleuchtung und Erwärmung in einen Moment zusammen, so würde es, sagt Mädler, beim Auf- und Untergang der Sonne gleich warm (weil gleich hell), beim Meridiandurchgang um 12 Uhr am wärmsten und die ganze Nacht hindurch gleichförmig am kältesten sein. Ferner würde die größte Jahreswärme mit dem längsten, die geringste mit dem kürzesten Tage, endlich die mittlere Jahrestemperatur mit den Aequinoktien zusammenfallen müssen. Bekanntlich verhält es sich anders, und hauptsächlich aus folgendem Grunde: Durch längere Bescheinung häuft sich, durch längere Wärmestrahlung mindert sich die Wärme immer mehr, und dies hat Verspätungen für den höchsten und niedrigsten Thermometerstand zur Folge, die dann übrigens nach Jahreszeiten und Klimaten verschieden sind. Die größte Tageswärme im Winter ist etwa um 1 Uhr, im Sommer zwischen 2—3 Uhr Nachmittags; in Gegenden, wo sich die Jahreszeiten wenig unterscheiden, fast durchweg um 2 Uhr. Die geringste Wärme fällt fast überall mit dem Aufgang der Sonne zusammen, nachdem ihm vom Untergang an eine ununterbrochene Wärmestrahlung vorausgegangen, oft, besonders im Winter, tritt sie erst nach Sonnenaufgang ein, weil alsdann bei uns die Sonnenstrahlen noch eine sehr geringe Wirksamkeit haben. Dadurch wird die Zeit des Steigens kürzer, als die des Fallens, und zwar weniger im Sommer, sehr merklich dagegen im Winter. Hinsichtlich der Jahreszeiten zeigt sich die größte Wärme in denjenigen Klimaten, wo Sommer und Winter sich bestimmt unterscheiden, 4 bis 5 Wochen nach dem höchsten Sonnenstand, und die Verspätung wächst, wenn man sich den Polen nähert. Die größte Kälte dagegen tritt schon etwa 3 Wochen nach dem Wintersolstitium ein; die mittleren Temperaturen etwa 24 Tage nach den Nachtgleichen.

Die höchste auf der Erde wahrgenommene Wärme und Kälte ist + 40° und — 40°. Zwischen diesen um 80° aus einanderliegenden Extremen finden sich nun in den verschiedenen Zonen mancherlei Temperaturunterschiede, die am Aequator am geringsten sind und da, wo die Unterschiede der Jah-

reszeiten immer schroffer hervortreten, stärker werden. Es gibt Gegenden, wo der größte jährliche Temperaturwechsel nur 10° erreicht, z. B. in Westindien; in Chur sind die mittleren Extreme etwa + 1° und — 0°,0 (für das Jahr 1845 waren die Differenzen überhaupt + 29°,5 und — 14°); in Sibirien übersteigt der Unterschied 60°, indem z. B. in Irkuzk die Extreme — 38° und + 24° betragen. Was den täglichen Gang der Wärme betrifft, so bleibt sich derselbe in den vier Jahreszeiten ziemlich gleich, doch trifft das Minimum, wie wir gesehen, im Sommer früher ein, als im Winter, da es an den Sonnenaufgang geknüpft ist. Da die Temperatur Morgens am kleinsten ist, dann steigt, bis sie einige Stunden nach der Kulmination am höchsten ist, und darauf wieder bis zum folgenden Morgen sinkt, so leuchtet ein, daß die Zeitmomente, wo die niedrigste, mittlere und höchste Temperatur des Tages eintritt, in den verschiedenen Jahreszeiten und Monaten nicht gleich sein können, sondern nach dem Verweilen der Sonne über dem Horizont sich richten müssen.

§ 52. Die verschiedene Mittagshöhe der Sonne und ihr verschiedenes Verweilen über dem Horizont in den verschiedenen Zonen ist eine der Hauptursachen, daß die Temperaturverhältnisse an der Erdoberfläche so ungleich sind; denn davon hangen ab die Menge der Strahlen, welche auf einen Raum treffen, die Dauer der Bescheinung und der Winkel, unter dem sie auffallen. Je senkrechter sie die Oberfläche treffen, um so wirksamer sind sie. Mit Hülfe dieser drei Bedingungen ließen sich die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche und in gleichen Entfernungen vom Aequator die gleichen mittleren Temperaturen berechnen, wenn die Temperatur der Erdoberfläche von ihnen allein, also lediglich von der Sonnenthätigkeit abhinge. Allein es üben mancherlei fremdartige Umstände ihren Einfluß auf sie aus, indem das Medium, durch welches die Strahlen gehen müssen, um auf die Erde zu gelangen, das Starre und Flüssige, welches die Oberfläche bildet, die Ungleichheit der Gesteinschichten nach Farbe und Dichtigkeit, nach ihrer Fähigkeit, die Wärme aufzunehmen und sie zu strahlen, einen großen Einfluß auf die Temperatur ausüben und keine Berechnungsformel zulassen, wie die drei früher genannten Bedingungen. Dieselbe mittlere Jahrestemperatur gehört, dies lehrt die Erfahrung, gar nicht einem und demselben Parallel an und die Unterschiede in der Wärme sind unter jedem Parallel andere. Die Ursachen hievon sind zahlreich, und Humboldt theilt sie in temperaturerhöhende und temperaturvermindernde ein. Zu der ersten Klasse zählt er: 1) die Nähe einer Westküste in der gemäßigten Zone. In beiden gemäßigten Zonen sind nämlich aus Gründen, die wir bald werden kennen lernen, West- oder Westsüdwestwinde die herrschenden Luftströmungen, und da diese für eine Ostküste Land-, für eine Westküste Seewinde sind (d. i. über eine Fläche streichen, die wegen ihrer Masse und des Herab-

sinkens der erkalteten Wassertheilchen keiner großen Erkältung fähig ist), so zeigen sich in der Regel die Ostküsten der Kontinente kälter als die Westküsten. Dies ist ein für die klimatischen Verhältnisse eines Kontinentes wichtiger Gegensatz, insofern er auf Ackerbau und Gewerbe Einfluß hat; 2) die in Halbinseln zerschnittene Gestaltung einer Landfeste; 3) ihre tiefeintretenden Busen und Binnenmeere, welche ozeanische Feuchtigkeit tief in die Kontinente gleichsam hineinspülen; 4) das Stellungsverhältniß eines Theils der Feste entweder zu einem eisfreien Meere, das sich über den Polarkreis hinauserstreckt, oder zu einer Masse kontinentalen Landes von beträchtlicher Ausdehnung, welches unter denselben Meridianen unter dem Aequator oder wenigstens in einem Theile der tropischen Zone liegt; 5) das Vorherrschen von Süd- und Westwinden an der westlichen Grenze eines Kontinentes in der gemäßigten nördlichen Zone; 6) Gebirgsketten, die gegen Winde aus kälteren Gegenden als Schutzmauern dienen; 7) die Seltenheit von Sümpfen und der Mangel an Wäldern in einem trockenen Sandboden; 8) endlich die stete Heiterkeit des Himmels in den Sommermonaten und die Nähe eines Meeresstromes, wenn er Wasser von einer höhern Temperatur, als das umliegende Meer besitzt, herbeiführt. — Zu den die mittlere Jahrestemperatur verändernden kälteerregenden Ursachen zählt Humboldt: 1) die Höhe eines Ortes über dem Meeresspiegel, ohne daß bedeutende Hochebenen auftreten, die durch die sömmerliche Strahlung ihres Bodens zur Erhöhung der Temperatur beitragen; 2) die Nähe einer Ostküste in hohen und mittleren Breiten; 3) die massenartige Gestaltung eines Kontinentes ohne Küstenkrümmung und Busen; 4) die weite Ausdehnung der Feste nach den Polen bis zur Region des ewigen Eises (ohne daß ein im Winter offen liegendes Meer dazwischen liegt); 5) eine Position geogr. Länge, in welcher der Aequator und die Tropenregion dem Meere zugehören, d. i. den Mangel eines festen, sich stark erwärmenden, wärmestrahlenden Tropenlandes zwischen denselben Meridianen als die Gegend, deren Klima ergründet werden soll; 7) ausgedehnte Wälder, welche die Insolation des Bodens hindern, durch Lebensthätigkeit der Blätter große Verdunstung wässeriger Flüssigkeit hervorbringen, mittelst der Ausdehnung dieser Organe die durch Ausstrahlung sich abkühlende Oberfläche vergrößern, und also dreifach: durch Schattenkühle, Verdunstung und Strahlung, wirken; 8) häufiges Vorkommen von Sümpfen, welche im Norden bis Mitte des Sommers eine Art unterirrdischer Gletscher in der Ebene bilden; 9) einen nebligen Sommerhimmel, der die Wirkung der Sonnenstrahlen auf ihrem Wege schwächt; 10) endlich einen sehr heiteren Winterhimmel, durch welchen die Wärmestrahlung begünstigt wird.

Zu allen diesen temperaturändernden Ursachen kommt nun noch die große Wassermasse des Ozeans, die nur langsam den Temperaturveränderungen der Atmosphäre folgt, und dadurch „temperaturausgleichend" wirkt, indem sie

die Rauheit des Winters und die Hitze des Sommers mäßigt. Diese Eigenschaft der großen Erdwassermasse ist natürlich die Ursache, daß die Temperatur des Meeres, also auch der Inseln und Küsten, viel geringeren Veränderungen unterworfen ist, als die des Landes im Inneren; je weiter daher vom Meere entfernt, desto größere Differenzen der Temperatur werden angetroffen.

Man ersieht aus dem Bisherigen leicht, daß die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche nicht durch Rechnungen, sondern nur mit Hülfe der zuverläßigsten Thermometerbeobachtungen, welche zudem an möglichst vielen Orten anzustellen sind, bestimmt werden kann. Dies erfordert zwar einen großen Aufwand an Zeit und Mühe; allein es ist interessant, die Menge jährlicher Wärme, welche jeder Punkt der Erdoberfläche empfängt, und für die Vegetation, den Ackerbau, die Obstkultur und die Wohlfahrt der Bewohner einer Gegend sehr wichtig, die Vertheilung dieses Wärmequantums unter die verschiedenen Jahreszeiten kennen zu lernen. Humboldt war es, der zuerst alle bekannten Resultate aus zuverläßigen Thermometerbeobachtungen untersuchte und fand, daß die mittlere Temperatur gleichnamiger Parallelkreise nicht unter allen Meridianen gleich sei. Wenn man Orte, welche die gleiche jährliche Mitteltemperatur haben, auf der Karte mit einander verbindet, so zeigt es sich, daß diese Linien mehr oder minder gegen die Parallelkreise gebeugt sind und dieselben unter gewissen Meridianen schneiden. Man erhält dadurch die sogenannten i s o t h e r m e n Linien (Linien gleicher Jahreswärme), welche durch Humboldt in die Geographie eingeführt worden sind.

In der heißen Zone laufen die Isothermen dem Aequator ziemlich parallel, weichen aber in mittleren Breiten und gegen die Pole hin bedeutend von den Parallelen ab. Von den Westküsten, wo sie am höchsten gegen Norden aufsteigen, senken sie sich gegen die Mitte und noch mehr gegen den Osten der Kontinente hinab und erheben sich von den Ostküsten an wieder höher. Am Aequator und gegen die Pole liegen die Isothermen, welche um gleiche Wärmeunterschiede von einander differiren, weiter aus einander, in mittleren Breiten näher zusammen. Ebenso ziehen diese Kurven keineswegs konzentrisch um die Rotationspole, sondern umschließen in der nördlichen Hemisphäre zwei Kältepole, von denen der eine in der Gegend der Lenamündung, der andere in der Nähe der nordamerikanischen Inseln liegt, beide also bei den magnetischen Polen. Was die Beugungen der Isothermen betrifft, so sind die Winkel, unter welchen sie die Parallelkreise schneiden, die Lage der konvexen und konkaven Scheitel in Bezug auf den Pol der gleichnamigen Hemisphäre die Wirkung von wärme- und kälteerregenden Ursachen, die unter verschiedenen geogr. Längen mehr oder minder mächtig auftreten. Die Zone, in welcher die Temperatur am schnellsten abnimmt, bemerkt Humboldt, ist in beiden Welten zwischen den Parallelen

von 40° und 45°. Dieser Umstand muß einen günstigen Einfluß auf die Bildung und den Kunstfleiß der Völker haben, welche die dem mittleren Parallel benachbarten Länder bewohnen. Es ist dies der Punkt, wo die Regionen des Weinstocks an die des Oliven- und Zitronenbaumes grenzen. Nirgend anders auf Erden findet man ein merklicheres Abnehmen der Temperatur; nirgend auch folgen die Erzeugnisse des Pflanzenreichs und die mannigfaltigen Gegenstände des Ackerbaues schneller auf einander. Eine große Verschiedenheit in den Erzeugnissen der Grenzländer belebt aber den Handel und vermehrt den Gewerbsfleiß der ackerbauenden Völker. — Die Isothermlinien Europas bieten zwei merkwürdige Erscheinungen dar. Die eine besteht in einer auffallenden Beugung der Isothermen im Gebiete des mittelländischen Meeres, welche theils aus den warmen Luftströmen, die aus der Mitte des atlantischen Ozeans an die westlichen Küsten unseres Erdtheils gelangen, theils aus den heißen Winden zu erklären sind, die sich aus dem Sandozean der Sahara erheben und ihre ungemeine Wärme über Europa in Richtungen verbreiten, welche durch die Gebirgslücken und nach Süden gerichteten Stromthäler bezeichnet sind. Die andere ebenso beachtenswerthe Erscheinung ist das Zusammendrängen der Isothermen von 18° bis 8° im Südosten von Europa, innerhalb des kaspischen Seegebietes. Die Wärme scheint sich dort durch mehrere vereint wirkende Ursachen zu konzentriren, zu denen die Nähe der heißen und trockenen Sandwüsten auf dem Plateau von Iran, der vulkanisch erwärmte Boden und die subozeanische Lage des Kaspisees und seiner nächsten Umgebungen gehören.

Wer sich übrigens von den eigentlichen klimatischen Verhältnissen eines Landes, insofern sie auf die Betriebsamkeit der Menschen Einfluß haben, einen deutlichen Begriff machen will, der muß nicht nur dessen mittlere Jahrestemperaturen, sondern speziell dessen Sommer- und Wintertemperatur kennen. Beide harmoniren zwar im Allgemeinen mit der Abnahme der Jahreswärme, werden aber auch auf der nämlichen Isotherme abweichend angetroffen. Wenn Orte, welche gleiche Sommer- und Winterwärme haben, mit einander verbunden werden, so erhält man Linien, von denen die ersteren Isotheren, die letzteren Isochimenen heißen. Die ungleiche Vertheilung der Wärme unter die verschiedenen Jahreszeiten charakterisirt namentlich die beiden Klimasysteme von Westeuropa und Ost-Nordamerika; Orte, die vom 58° bis 30° N. Br. unter dem gleichen Parallel liegen in beiden Erdtheilen, zeigen Unterschiede der mittleren Jahrestemperatur von Norden nach Süden fortschreitend von 9°, 3 6°, 1 3°,04 und fast 0°. Im System der europäischen Klimate können die Breiten zweier Gegenden, die gleiche jährliche Mitteltemperatur haben, nicht mehr als 4° bis 5° verschieden sein; zwei Oerter dagegen von gleicher mittlerer Wintertemperatur können in der Breite um 9° bis 10° abweichen, und diese Unterschiede wachsen mit dem Vorrücken

nach Osten. In Belgien, und selbst in Schottland sind die Winter milder als in Mailand und einem großen Theile der Lombardei. Die mittlere Winterwärme, die in Ofen zu fast — 2° herabsinkt, ist in Dublin (bei fast 7°,6 Jahreswärme) noch 3°,4 über dem Gefrierpunkt, und höher als in Mailand, Pavia, Padua, wo die mittlere Jahreswärme über 10° erreicht. Die Isotheren folgen einer den Isochimenen entgegengesetzten Richtung. Wir finden dieselbe Sommerwärme zu Moskau und an der Mündung der Loire, ungeachtet jenes 4° nördlicher liegt; die mittlere Wintertemperatur Moskaus ist aber — 8°,4, während sie zu Nantes + 3°,76 beträgt. In Peking ist die Sommerhitze ebenso drückend wie in Cairo und die Winterkälte eben so streng wie in Upsala. Solche Gegensätze zwischen Sommer- und Wintertemperatur treten noch schroffer und stärker hervor, wenn man tiefer in die Kontinente, in immer größere Entfernung vom kältemindernden Meere gelangt. Im Inneren von Asien haben Tobolsk und Irkuzk Sommer wie in Berlin und Cherbourg; aber diesen Sommern folgen Winter, in welchen der kälteste Monat die schreckhafte Mitteltemperatur von — 14° bis — 16° hat. — Innerhalb der heißen Zone ist eine kleine Anzahl von Monaten in der alten Welt wärmer, als in der neuen. In Madras (33°,5 n. Br.) ist die mittlere Temperatur des Monats Juni 25°,5, in Abuscheher (29 n. Br.) 27°,2; in Cumana in Venezuela (10°,27 n. Br.) nur 33°,4. — In höheren Breiten ist die Zunahme der Frühlingswärme beträchtlich, in Stockholm beträgt die Wärmedifferenz der Monate April und Mai 4°,8 und 5°,6, in Drontheim 6°,4, eine Vermehrung der Mitteltemperatur von einem Monat zum anderen, welche in jenen Gegenden einen bedeutenden Einfluß auf die Vegetation ausüben muß. Die herbstliche Abnahme der Temperatur erfolgt nicht so rasch, als ihre Zunahme im Frühling, weil die Oberfläche der Erde später den höchsten Wärmegrad erreicht, als die Atmospähre, und weil trotz der Reinheit der Luft, die im Herbst vorwaltet, die Erde die absorbirte Wärme durch Strahlung nur langsam verliert. — Der kälteste Monat endlich auf der ganzen Erde ist, mit sehr wenigen Ausnahmen, der Januar, der wärmste der Juli. Nach den Untersuchungen von Kämtz fällt auf der nördlichen Halbkugel der kälteste Tag beiläufig auf den 14. Januar, der wärmste auf den 24. Juli; die Tage der mittleren Jahreswärme sind der 24. April und der 31. Oktober.

Humboldt macht darauf aufmerksam, wie unerläßlich für den Anbau von Kulturpflanzen eine genaue Vergleichung der Sommer- und Winterwärme sei. So ist es z. B. vornämlich die Sommerwärme, welche auf die Entwickelung des Zuckerstoffes in den Früchten einwirkt. Gegenden mit milden Wintern, denen aber nur mäßig warme Sommer folgen, besitzen die zum Reifen gewisser Pflanzen erforderliche Wärme nicht, und umgekehrt hindern warme Sommer, aber kalte Winter das Fortkommen mancher Kul-

turgewächse. Noch andere Verhältnisse sind zu berücksichtigen. „Wenn da, sagt Humboldt, wo Myrten wild wachsen, und die Erde sich im Winter nie bleibend in Schnee einhüllt, die Temperatur des Sommers und Herbstes nur noch (man möchte fast sagen: kaum noch) hinlänglich ist, Aepfel zur vollen Reife zu bringen, wenn die Weinrebe, um trinkbaren Wein zu geben, die Inseln und fast alle Küsten (selbst die westlichen) flieht; so liegt der Grund davon keineswegs allein in der geringern Sommerwärme des Littorals, die unsere im Schatten der Luft ausgesetzten Thermometer anzeigen: er liegt in dem bisher so wenig beachteten und doch in anderen Erscheinungen (der Entzündung eines Gemisches von Chlor und Wasserstoffgas) so wirksamen Unterschiede des direkten und zerstreuten Lichtes, bei heiterem oder durch Nebel verschleiertem Himmel." Nach Humboldt kommt nämlich für das Gedeihen der Pflanzen sehr viel auf die örtlich in der belebten Pflanzenzelle durch direktes Licht erzeugte Wärme an.

Vergleicht man endlich Asien und Europa nach horizontaler Wärmevertheilung, so zeigt sich's, daß der europäische Kontinent ein sanfteres Klima hat, als Asien. Die Erscheinung wird nicht genügend erklärt durch den Umstand, daß Europa die westliche Fortsetzung von Asien ist, vielmehr wirken noch andere Ursachen temperaturerhöhend auf das europäische Klima ein. Europa ist nahe an der ausgedehnten Nordküste des afrikanischen Hitzherdes gelagert, dessen heiße Luftströmungen sich über den Süden unseres Erdtheiles ergießen, während im Süden von Asien die Aequatorialgegend meist ganz ozeanisch ist; die bedeutende horizontale Gliederung Europas im Süden, Westen und Norden, und was damit zusammenhängt, seine durchbrechenden Mittelmeere, deren Flächenraum der Hälfte des Aerals von Europa gleich kommt, während das Verhältniß der Glieder zum Kontinent wie 1 : 2 ist; in Asien dagegen, dessen Bildung viel massenhafter ist und dessen Inneres gewaltige Massenerhebungen aufzuweisen hat, ist dieses Verhältniß wie 1 : 4; das eisfreie Meer im Norden von Europa, an das es mit einer verhältnißmäßig geringen Küste grenzt, während Asien auf einer 1550 M. langen Erstreckung mit dem nördlichen Eismeere in Verbindung steht und mit seinem Flachlande dort an die Wintergrenze des Polareises stößt; die vorherrschenden Westwinde, die vom warmen atlantischen Ozean kommen, ihre Feuchtigkeit zwar meistens in den Gebirgen und Ebenen von Westeuropa entladen, den Rest derselben aber bis zum Quelllager des Waldai in Rußland tragen. „Sieht man aber in Europa die mittleren Jahrestemperaturen sinken, indem man unter denselben Parallelkreisen an der atlantischen Küste gegen die Uralkette fortschreitet, so ist die Hauptursache dieser Erkältungserscheinung in der nach und nach minder gegliederten, kompakteren, an Breite zunehmenden Form des Kontinentes, in der Entfernung des kältemindernden Meeres, wie in dem schwächeren Einflusse der Westwinde

zu suchen. Jenseits des Ural werden diese Westwinde schon erkältende Landwinde, wenn sie über weite, mit Schnee und Eis bedeckte Länderstrecken fortgehen. Die Kälte des westlichen Sibiriens wird durch solche Verhältnisse der Ländergestaltung und Luftströmung erzeugt."

Tafel der mittleren Temperaturen verschiedener Orte.

Ort	Mittlere Temperatur des Jahres.	Vertheilung der Wärme in die Jahreszeiten.				Mittlere Temperatur des kältesten Monats.	Mittlere Temperatur des wärmsten Monats.
		Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.		
Cairo	+ 22°,19 C	+ 14°,53 C	+ 23°,20 C	+ 29°,46 C	+ 21°,57 C	+ 13,20 C	+ 29°,9 C
Lissabon	16 ,32	11 ,56	15 ,43	21 ,36	16 ,96	10,9	21,9
Rom	15 ,48	8 ,34	14 ,08	22 ,85	16 ,45	7,8	23,7
Mailand	12 ,93	2 ,20	12 ,70	22 ,70	13 ,80	0,7	23,7
Genf	9 ,82	2 ,05	9 ,78	17 ,17	10 ,12	0,0	19,8
Gotthard	— 1 ,31	— 8 ,13	— 3 ,37	6 ,57	— 0 ,31	- 8,5	7,9
Chur	+ 9 ,45	+ 0 ,10	+ 10 ,05	17 ,45	+ 10 ,21	1,5	18,2
Bern	7 ,29	— 1 ,46	7 ,71	14 ,88	8 ,02	3,4	16,2
Zürich	8 ,90	0 ,99	9 ,04	17 ,87	9 ,47	2,9	18,7
München	8 ,79	1 ,18	8 ,77	18 ,20	9 ,09	1,6	18,6
Paris	10 ,81	+ 3 ,59	10 ,29	18 ,01	11 ,26	+ 2,1	15,8
Manheim	10 ,30	1 ,50	10 ,41	19 ,55	9 ,75	0,9	20,2
Berlin	8 ,95	0 ,08	8 ,60	17 ,93	9 ,15	— 0,3	19,3
Moskau	3 ,26	— 10 ,50	4 ,37	16 ,90	2 ,26	4,4	17,8
Petersburg	2 ,87	9 ,00	1 ,60	16 ,18	2 ,71	11,5	17,9
Nordkap	0 ,11	4 ,62	— 1 ,33	6 ,40	— 0 ,11	22,0	5,0

§ 53. Jeder Gebirgsbewohner weiß, daß mit zunehmender Höhe die Wärme im Luftkreise abnimmt, woraus folgt, daß dieselbe auch in senkrechter Richtung verschieden vertheilt ist, und verschiedene Thatsachen lehren, daß diese Vertheilung von mancherlei bedingenden Umständen abhängig ist. Die Beobachtungen in den tropischen Anden zeigen, daß die Wärmeabnahme über großen Bergmassen und Bergebenen (Plateaus) geringer ist als über einzelnen Bergspitzen; denn jene strahlen mehr Wärme gegen die Luft als diese. Das Mittel aus den dort von Humboldt angestellten Beobachtungen ist 128 Toisen (768 p. F.) Höhe für 1° C Wärmeabnahme, eine Höhe, welche ungleich größer ist als sie sonst bei Erhebungen gefunden wird, aber auch nur den unteren Theilen bis zur Höhe der Bergebene angehört, indem weiter hinauf die Wärme ungleich schneller abnimmt. Für steile Berge wird die Höhe bedeutend geringer, indem in den tropischen Anden bis zur Höhe von 18000 F. 96 T. (576 Fuß) auf 1° C Wärmeabnahme kommen. — Weil die Wärmeabnahme nach oben im Sommer viel rascher als im Winter, am Tage rascher als bei Nacht ist, so wird zwar allerdings die Lage der Beobachtungsörter rücksichtlich ihrer geogr. Br. Unterschiede geben, diese werden aber nicht bedeutend sein, indem die Wärmeabnahme sehr mit den Bedingungen der Jahreszeit, in welcher die Messungen angestellt werden, zusammenfällt. Ja an kalten und heiteren Wintermorgen ist es in Gebirgsländern, wie die Erfahrung lehrt, in der Tiefe kälter als auf mäßigen Höhen von 1000 bis 1500 F., und erst auf Hochgipfeln wird die gewöhnliche Differenz merklich. Saussüre fand in den Alpen im Mittel 77 T., und nach einer anderen Beobachtungsreihe 81 T. Erhebung für 1° C, und auf den höchsten schneefreien Alpen 88 T. für 1° C. Derselbe Naturforscher nimmt für den Sommer 80 T., für den Winter 94,4 T. als genähert richtig an. Nach Horners Beobachtungen auf der Rigi gehören 76,6 T. für 1° C im Sommer, im Winter aber lassen die südlichen Winde daselbst kein genaues Resultat erhalten. Von sehr merklichem Einfluß auf die Wärmeabnahme in zunehmender Höhe ist auch die Beschaffenheit des Bodens, über welchen man sich erhebt, namentlich ob über Land oder Wasser; dann ferner die Luftströmungen, je nach dem sie aufsteigen oder sich herablassen. Am entscheidendsten, namentlich für freie Höhen, sind die Resultate, welche Gay-Lüssac bei seinem berühmten aerostatischen Aufsteigen erhielt. Für die ganze Höhe von mehr als 21000 F. kommen 88,76 T. auf 1° C, oder genauer für die erste Hälfte 98 T., für die zweite aber 72,34 T., woraus unwiderleglich eine mit der Höhe zunehmende Verminderung der Temperatur folgt.

So sehr auch obige Resultate von einander abweichen, und offenbar auf den Einfluß mehrfacher bedingender Umstände hindeuten, so darf indeß wol angenommen werden, daß im Ganzen bis zu den von Menschen erreichbaren Höhen die Temperatur den letzteren proportional abnehme, und daß bei etwa

500 — 600 Fuß Erhebung das Celsius'sche Thermometer um 1° falle. Diese Abnahme kann aber natürlich nicht bis in die unbegrenzten Welträume hinein anwendbar sein, vielmehr wird in einer gewissen, von uns nicht bestimmbaren Höhe das ganze Jahr hindurch eine konstante Kälte herrschen, welche nach den auf hohen Bergen und bei Luftreisen gemachten Erfahrungen von Einigen zu — 40°, von Anderen viel größer angenommen wird.

In Folge des Gesetzes der mit der Höhe abnehmenden Wärme unter verschiedenen Breiten, welches für die Kenntniß meteorologischer Prozesse, wie z. B. der Winde, des Niederschlags, so wie für die Geographie der Pflanzen u. dgl. m. ein wichtiger Gegenstand ist, werden wir in jedem Klima nach der Höhe zu einen Punkt finden müssen, in welchem auch im Sommer der Gefrierpunkt des Wassers nicht mehr überschritten wird. Wenn nun ein Berg in diese Höhe hineinragt, so wird dessen Gipfel keinen Regen, sondern in der Regel beständig Winterniederschlag haben, und der Schnee wird das ganze Jahr auf demselben bleiben, weil er wegen der dort herrschenden niedrigen Temperatur nicht schmelzen kann. Die Höhe an einzelnen Bergen oder an ganzen Bergketten, wo während dem Laufe eines ganzen Jahres dies der Fall ist, heißt die Schneelinie, die auf Hochgebirgen, wie die Alpen, als eine vielfach gekrümmte Kurve erscheint. Man hat eine untere und eine obere Grenze des ewigen Schnee's zu unterscheiden. Jene ist in einer gegebenen Breite die Sommergrenze des ewigen Schnee's; diese, die obere, kennen wir nicht, weil die Berge der Erde nicht in jene dünnen, trockenen Luftschichten emporsteigen, wo es vermuthlich nicht mehr schneit. Die Sommerwärme ist es, welche über die untere Schneegrenze entscheidet, und sie muß in derjenigen Höhe getroffen werden, wo die täglichen und jährlichen Wärmedifferenzen nebst den Ursachen örtlicher Erwärmungen immer mehr verschwinden. Denn soll sich der Schnee bleibend erhalten, so genügt eine Mitteltemperatur von 0° nicht, sondern die Wärme des Sommers auf diesen Höhen muß die mittlere Temperatur so wenig übertreffen, daß sie denselben nicht zu verzehren vermag. Auf die Kälte des Winters kommt hiebei nichts an, sondern nur auf dessen Dauer, indem dadurch die Masse des Schnee's größer wird. „Das Verhältniß der im Winter angesammelten Schneemasse zur Wärme im höchsten Sommer entscheidet hier. Stehen beide im Gleichgewicht, so daß letztere gerade noch hinreicht, die erstere zu schmelzen, so bildet sich an diesem Punkte die Schneegrenze. Das Innere Sibiriens ist der Mitteltemperatur nach ganz ungleich kälter als das europäische Nordkap, gleichwol liegt in Sibirien die Schneegrenze höher, weil seine Sommer bedeutend wärmer sind." Außerdem wird mit zunehmender Breite die Schneegrenze weiter über die Höhe der mittleren Temperatur von 1° C hinaufgerückt werden, weil dort die längere Dauer der Tage die Sommerwärme anhäuft

und ausnehmend vermehrt. Hieraus ist es im Allgemeinen erklärlich, warum die Schneegrenze unter dem Aequator schon bei einer mittleren Temperatur von 0°,4 C, in mittleren Breiten bei — 4°,6 und in den nördlichen Gegenden erst bei — 6° C angetroffen wird.

Daß in der Tropenregion die Schneegrenze im Allgemeinen höher hinauf liegt als nach den Polen zu, ist begreiflich; gleichwol ist sie nicht die Gegend, wo die Schneegrenze die höchste Höhe über dem Meeresspiegel erreicht. In den tropischen Anden Amerika's am Aequator ist ihre Höhe 14748 bis 15228 F.; im Himalaja (31° n. Br.) beträgt sie 15660 Fuß, mindestens 3300 F. mehr als der Regel nach angenommen werden kann. Dabei ist es merkwürdig, daß die angegebene Höhe der Schneelinie auf der Nordseite des Himalaja gegen Tübet angetroffen wird, während die Schneegrenze auf der Südseite gegen Hindustan nur 11400 F. Höhe erreicht. Offenbar ist demnach die Nordseite der Gebirgskette im Sommer wärmer als die Südseite, und die Ursache hievon ist ohne Zweifel in den ausgedehnten Gebirgsebenen Tübet's zu suchen, welche, wie dies Plateau's auch anderwärts thun, die Temperatur erhöhen, und, indem in Folge ihrer sommerlichen Strahlung warme Luftströme an den Gebirgsabhängen aufsteigen, die Schneegrenze hinaufrücken. Die niedrigere Temperatur der Südseite erklärt man aus den Wolkenschichten, die sich aus den vom wasserreichen Gangesland aufsteigenden Dünsten bilden, sich zwischen Erde und Schneegrenze lagern und durch Absorption des Lichtes viel Wärme anziehen. Die der Regel nach 1500 bis 1800 Fuß höhere Schneegrenze im Caucasus (9880 Fuß) erklärt sich ohne Schwierigkeit aus den warmen Luftströmungen von den ausgedehnten Plateau's Irans und der oben angeführten Konzentration der Wärme jener Gegend. In den Alpen erreicht die Schneegrenze 8100 bis 8500 Fuß Höhe; in der Hochlandschaft von Bündten, die dem Föhn ungehinderten Zutritt gestattet, muß man sie zu 9000 Fuß annehmen, indem nicht selten der 10000 F. hohe Cima di Flix im Oberhalbstein im September ganz schneefrei angetroffen wird. Die Schneegrenze der Pyrenäen ist 7692 F., die der Karpathen 7980 F., die des skandinavischen Gebirgs in Norwegen 5220, in Schweden 4014 Fuß und auf dem Nordkap 2202 Fuß hoch gefunden worden. Es nimmt also, wie zu erwarten ist, die Schneegrenze mit der Annäherung an die Pole ab; sie ist aber nicht einzig eine Funktion der geographischen Breite, vielmehr müssen noch andere gleichzeitig bestimmende Ursachen mit in Betracht gezogen werden. Dahin gehören nach Humboldt: die Temperaturdifferenz der verschiedenen Jahreszeiten; die Richtung der herrschenden Winde und ihre Berührung mit Meer und Land; der Grad der Trockenheit oder Feuchtigkeit der oberen Luftschichten; die absolute Größe der gefallenen oder aufgehäuften Schneemasse; das Verhältniß der Schneegrenze zur Gesammthöhe des Berges; die relative Stellung

des letzteren in der Bergkette; die Schroffheit der Abhänge; die Nähe anderer, ebenfalls perpetuirlich mit Schnee bedeckter Gipfel; die Ausdehnung, Lage und Höhe der Ebene, aus welcher der Schneeberg isolirt oder als Theil einer Gruppe aufsteigt, und die eine Seeküste, oder der innere Theil eines Kontinentes, bewaldet, oder eine Grasflur, sandig und dürr und mit nackten Felsplatten bedeckt, oder ein feuchter Moorboden sein kann.

Der ewige Schnee der Hochgebirge, Firn genannt, ist nicht locker, wie der Winterschnee unserer Thäler und Ebenen, sondern seine obere Schicht ist gekörnt, während die unteren an Festigkeit dem Eise nahe kommen, so daß der Firn die Mitte hält zwischen Schnee und Eis. In den größten Höhen fällt der Schnee in der Regel krystallinisch in feinen Nadeln und Sternchen, und die Körner, welche der fallende Schnee oft zeigt, entstehen durch Zusammenballen dieser Nadeln. Solche homogene runde Körner, wie der Firn sie darbietet, fallen nicht aus der Luft, sie sind eine Umwandlungsform der Krystalle, welche auf diese Weise entsteht, daß in dem frisch gefallenen Schnee durch Schmelzung kleine Wasserströmchen sich bilden, welche, in der Masse sich hin und her windend, die Nadeln abschleifen, zusammenbacken und anfangs unregelmäßige, eckige Formen bedingen, denen man die Zusammensetzung aus Nadeln noch ansieht. Später verschwindet auch dieser letzte Rest und es bleiben nur gleichförmig runde und homogene Körner. Aus diesem Firn entsteht durch Einsickerung des Regens und Schmelzwassers der Oberfläche und nachheriges Gefrieren desselben ein weißes, zähes, durch und durch mit Luftblasen durchwebtes Eis, dessen obere Schichten noch körniges Gefüge wahrnehmen lassen, während die unteren in muscheligen Schalen brechen und kein Korn mehr zeigen. Geschichtet sind alle diese Massen und die Schichten zeigen 3—6 Fuß Mächtigkeit. Vermuthlich entspricht jede Schicht der Schneemenge eines Jahres. Die Umwandlung des Schnee's in Firn, in Firneis und wirkliches Gletschereis verwischt diese Schichtung nicht. Alles feste Gletschereis war somit früher zum größten Theil Firnmasse, aus welcher die Gletscher wie organisch hervorwachsen und sich im Gebirg bis in die Waldregion herabsenken. Die Grenzlinie an der Oberfläche zwischen dem Firn und dem wahren Gletscher wird durch den Uebergang der vorherrschend körnigen Masse in das derbere Eis bezeichnet. Die Höhe dieser Grenzlinie in den Alpen ist verschieden, bei 7800, 8000, selbst bei 10000 Fuß. Alles blaue Eis, welches in den Gletschern sich findet, ist reines Wassereis, gefrornes Schmelz- oder Regenwasser, während das weiße, mit unzähligen Luftblasen erfüllte Gletschereis seinen Ursprung aus dem Firn hat, mit Wasser zusammengefrorene Firnmasse ist. — In allen seinen Theilen ist der Gletscher von flüssigem Wasser durchdrungen, welches durch die Haarspalten im Eise die ganze Masse durchsetzt. Diese Infiltration des flüssigen Wassers in das Eis ist die Triebkraft der Gletscherbewegung; denn das Vorrücken der Gletscher geschieht durch das

Gefrieren des einsickernden Wassers, das unter dem Einfluß der Sonne erzeugt wird. — Die Dicke des Firns wird in einzelnen Fällen auf 2 — 300 Fuß, die der Gletschermasse am untern Theil auf 80 — 100, am oberen auf 120 — 180 Fuß geschätzt.

Aber welches sind die Ursachen, warum überhaupt die Temperatur nach der Höhe zu abnimmt? Wir müssen doch auch der Luft eine Absorption der Sonnenstrahlen zuschreiben; dazu kommt die von der Erdoberfläche gegen die Luft gestrahlte Wärme und die warme Luft, welche durch Erhitzung über der Erdfläche spezifisch leichter und dadurch zum Aufsteigen genöthigt wird. Allein daraus erklärt sich uns zwar wol das Vorhandensein der Wärme in den höheren Luftregionen, aber keineswegs die schnelle Abnahme derselben von unten nach oben. Diese leiten die Physiker aus folgenden Ursachen her. Erstlich ist die Luft in den oberen Regionen dünner und durchsichtiger als in den unteren, welche eben deshalb mehr erwärmt werden als jene. Es lehren nämlich alle Beobachtungen, daß die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme in den Körpern ihrer Durchsichtigkeit umgekehrt proportional sei. Es muß daher bei gleicher Einwirkung der Sonnenstrahlen die dünnere und durchsichtigere Luft der oberen Regionen weniger erwärmt werden, als die dichtere und weniger durchsichtige der unteren. Eine andere Ursache der höheren Temperatur der unteren Luftschichten ist deren unmittelbare Berührung mit der Erdoberfläche, welche, als ein noch viel dichterer und undurchsichtigerer Körper, eines viel höheren Grades der Erwärmung fähig ist als die Luft. Die unteren Luftschichten empfangen daher durch Mittheilung von der stärker erwärmten Erdoberfläche einen höheren Grad von Wärme als die oberen Schichten, die mit der Oberfläche entweder in gar keinem Kontakte stehen, oder doch nur mit isolirten, vielleicht noch dazu beschneiten Gipfeln. Die Erwärmung der die Erdfläche zunächst berührenden Luftschicht ist um so viel stärker, je weniger Wärme auf Dampfbildung verwendet werden muß, oder je trockener der Boden ist (s. § 55 zu Ende). Eine dritte Ursache endlich, warum die Wärme mit der Erhebung abnimmt, liegt in der Eigenschaft der Luft, durch Ausdehnung kalt zu werden. Wenn nämlich Luft aufsteigt, so verdünnt sie sich mit abnehmendem Drucke immer mehr, so wie umgekehrt niedersinkende Luft sich verdichtet; ihre Verdichtung hat Wärmeentbindung, ihre Verdünnung Wärmebindung zur Folge, jene erzeugt Wärme, diese Kälte. Man nimmt daher an, daß die eigentliche Temperatur der Luft die sei, welche sich aus ihrer Verdünnung ergibt, wenn man nämlich davon ausgeht, daß die Luftschichten ursprünglich alle dieselbe Temperatur und Dichtigkeit wie die unterste Schicht besessen haben.

§ 54. Wenn im Bisherigen von den Hauptresultaten der Versuche über die Temperatur der Erde und der sie umgebenden Atmosphäre die Rede war,

so kann die Frage aufgeworfen werden, ob sich in der ganzen Ausdehnung der Erde die beobachtete Vertheilung der Wärme und Aufeinanderfolge der Temperaturen erhalte. Zur Beantwortung dieser Frage *), welche das Temperaturgleichgewicht der Erde betrifft, kann man für einen Augenblick annehmen, daß die im Himmelsraume schwebende Erde weder von der Sonne, noch anders woher von Außen Wärme empfange, und zusehen, was in diesem Falle erfolgen würde.

Alle einzelnen Lufttheilchen haben, wie die einer jeden anderen Substanz, das Vermögen, Wärme auszustrahlen, und zwar nach allen Richtungen (§ 55). Die Folge davon würde eine fortschreitende Abkühlung derselben sein, indem ihre Wärmeverluste durch Nichts ersetzt würden. Mit dieser Abkühlung würde die Dichtigkeitszunahme der einzelnen Lufttheilchen Schritt halten, und sie würden in Folge dessen zur Erde fallen, während andere wärmere Lufttheilchen aufwärts stiegen, um sich ebenfalls abzukühlen. Nimmt man nun an, daß ihnen die Erde nichts von der ihr noch übrigen Wärme mittheilen könnte, so sieht man leicht, daß nach einer gewissen Zeit alle Schichten der Atmosphäre einen Grad von Abkühlung erreicht haben würden, wovon wir keine Idee haben.

Was aber mit den Lufttheilchen, würde unter obiger Voraussetzung auch mit allen einzelnen Theilen der Erdoberfläche der Fall sein; sie würden ihre Wärme durch die Atmosphäre, als einen diathermanen Körper, ausstrahlen, sich durch diese nicht ersetzten Wärmeverluste schnell abkühlen, und würden sie von den inneren Erdschichten neue Wärme erhalten, so würden sie dieselbe doch bald auf gleichem Wege verlieren. Nach Jahrhunderten müßte sich die ganze Wärme der Erde, sowol ihre Eigenwärme, als ihre von der Sonne herrührende Oberflächenwärme, durch Wärmestrahlung in den Himmelsraum zerstreuen, wobei es für das Endresultat nichts darauf ankommt, ob dieser gänzliche Wärmeverlust in einzelnen Ländern früher oder später eintritt.

Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man auch berücksichtigt, daß zwischen Luft und Boden eine gegenseitige Wärmemittheilung stattfindet: am Ende muß doch die Gesammtwärme beider in den weiten Himmelsraum entschwinden, so daß zuletzt auf der ganzen Erde eine absolute Kälte eintreten müßte.

Bleiben wir noch immer bei der Annahme, daß keine Sonnenstrahlen zur Erde gelangen, berücksichtigen wir aber die zahllosen Fixsterne, deren bleibendes Licht nicht ohne alle Wärme sein kann, so folgt daraus für den Himmelsraum eine gewisse Temperatur, unter welche sich die Temperatur der mit ihrer diathermanen Lufthülle umgebenen und im Himmelsraume schwebenden Erde

*) Ich halte mich in diesem § genau an Pouillet's Auseinandersetzung über diesen Gegenstand, beschränke mich aber auf die allgemeinsten Resultate derselben.

nicht abkühlen könnte; die Erde müßte sich vielmehr mit dem Himmelsraume längst in's Temperaturgleichgewicht gesetzt, somit einen gewissen Grad von Wärme beibehalten haben, die ohne Zweifel auf die Temperatur der verschiedenen Klimate und besonders auf die der Pole von bedeutendem Einfluß sein würde. Dieses vorausgesetzt, ist klar, daß auch die Wärmewirkung der Sonne bei dem Wechsel der Tage und Nächte und ihren Intensitätsveränderungen von dem Aequator bis zum Pole nach den verschiedenen Jahreszeiten einen beträchtlichen Einfluß auf die Temperaturen ausübt, und der Wechsel sowol, als die Höhe der Temperaturen auf der Erde sind folglich die vereinigte Wirkung zweier fortwährend wirkender Ursachen, nämlich der Wärme des Weltraums, welche um die ganze Erde fast gleichförmig ist, und der Sonnenwärme, welche sich jeden Augenblick ändert. Zur Bestimmung der Stärke jeder dieser Ursachen hat Pouillet spezielle Untersuchungen mit eigens konstruirten Apparaten angestellt, von denen er den einen Pyrheliometer, den anderen Actinometer nennt. Bei seinen Untersuchungen über die Sonnenwärme mit dem Pyrheliometer erhielt er zwei wesentliche Elemente, von denen ihm das eine die Sonnenkonstante, das andere die atmosphärische Konstante heißt; jene enthält die unveränderliche Wärmewirkung der Sonne, diese das veränderliche Transmissionsvermögen der Atmosphäre, vermöge dessen ein größerer oder geringerer Theil der auf die Atmosphäre fallenden Sonnenstrahlen zur Erdoberfläche gelangt. Pouillet fand, daß das Pyrheliometer eine Temperaturerhöhung von 6°,72 C annehmen würde, wenn die Atmosphäre alle auffallende Sonnenwärme hindurchgehen ließe, ohne etwas davon zu absorbiren, oder wenn der Apparat an die Grenzen der Atmosphäre gebracht werden könnte, um dort alle Sonnenwärme ohne irgend einen Verlust zu erhalten. Dieser Werth ergab ihm dann im Weiteren die Wärmemenge, welche die Sonne in der Minute an den Grenzen der Atmosphäre auf einen Quadratcentimeter (der hundertste Theil von einem Quadratmeter) ausstrahlt, und welche sie auf die Erdoberfläche ausstrahlen würde, wenn die Atmosphäre keine auffallenden Sonnenstrahlen absorbirte, und er drückt diese Wärmemenge durch die Zahl 1,7633 aus. Hinsichtlich der atmosphärischen Konstante zeigten die Versuche eine atmosphärische Absorption, welche zwischen $^{18}/_{100}$ und $^{25}/_{100}$ liegt, insofern am Himmel keine der Durchsichtigkeit der Atmosphäre hinderlichen Dünste bemerkbar sind. Vermittelst dieses Datums und des Gesetzes, wornach sich die durch die Atmosphäre hindurchgegangene Sonnenwärme mit zunehmender schiefer Richtung vermindert, berechnete P. den Theil der einfallenden Sonnenwärme, welcher jeden Augenblick auf die erleuchtete Halbkugel der Erde fällt, sowie den Theil, welcher in der entsprechenden Hälfte der Atmosphäre absorbirt wird. Die Rechnung lehrt, daß für die atmosphärische Konstante = 0,75 der auf die Erdoberfläche fallende Theil der Sonnenwärme zwischen 0,5 und 0,6, und der von der

Atmosphäre absorbirte Theil zwischen 0,5 und sehr nahe an 0,4 liegt. Wenn also die Atmosphäre vollkommen klar ist, so absorbirt sie noch beinahe die Hälfte der von der Sonne gegen die Erde ausgestrahlten Totalquantität Wärme, und blos die andere Hälfte dieser Wärme fällt auf die Erdoberfläche und vertheilt sich darauf verschieden, je nachdem ihre Strahlen in mehr oder weniger schiefer Richtung durch die Atmosphäre gehen.

Wenn man die Quantität Eis bestimmt, welche durch die im Laufe eines Jahres der Erde von der Sonne zugesandte Totalquantität Wärme geschmolzen werden kann, so erhält man folgendes Resultat: Wenn die jährliche Totalquantität Wärme auf alle Punkte der Erdoberfläche gleichmäßig vertheilt würde, so würde sie im Stande sein, eine die ganze Erde umgebende Eisschicht von fast 31 Meter Dicke zu schmelzen, und dieses ist der einfachste Ausdruck der Totalquantität Wärme, welche die Erde jedes Jahr von der Sonne erhält.

Hinsichtlich der Temperatur des Weltraumes sagt Pouillet: „Ein Thermometer, welches auf der Erdoberfläche der nächtlichen Wärmeausstrahlung ausgesetzt ist, erhält aus zwei verschiedenen Quellen Wärme, nämlich aus dem Weltraume und aus der Atmosphäre. Da die Wärme des Weltraums, wie die der Sonne, bei ihrem Durchgang durch die Atmosphäre von dieser zum Theil absorbirt wird, so gelangen im Allgemeinen nur 0,3 oder 0,4 zu dem Thermometer, wenigstens wenn man annimmt, daß die Versuche nicht auf hohen Bergen angestellt sind. Was die im Verlaufe der Nacht von der Atmosphäre selbst ausgestrahlte Wärme anlangt, so ist sie das Resultat der individuellen Wärmeausstrahlung aller konzentrischen Luftschichten, welche man sich von dem Niveau des Meeres bis zu den Grenzen der Atmosphäre denken kann, und sie ist folglich von den Temperaturen aller dieser Luftschichten abhängig, und wir können auch hinzufügen, daß ihr Einfluß bei Weitem beträchtlicher ist als man bisher angenommen hat. In welchem Verhältniß übrigens die Intensitäten dieser beiden Wärmequellen auch stehen mögen, so kann man sich doch offenbar eine einzige Wärmequelle denken, welche dieselbe Wirkung hervorzubringen vermag, als jene beiden zusammengenommen, oder mit anderen Worten, man kann sich für die Wärme des Weltraums und für die der Atmosphäre eine Hülle denken, deren Temperatur bei dem größten Wärmeausstrahlungsvermögen so beschaffen ist, daß sie dem Thermometer und dem Erdboden genau eben so viel Wärme zusendet, als die Atmosphäre und der Weltraum zusammengenommen, und die unbekannte Temperatur dieser Zenithhülle wollen wir Zenithtemperatur nennen."

Zahlreiche Versuche, die Pouillet mit dem Aktinometer machte, zeigten, daß die Zenithtemperatur während der Nacht fast wie die Temperatur der umgebenden Luft sinkt, und diese progressive Temperaturabnahme vom Untergang der Sonne bis zu ihrem Aufgange ist eine wesentliche Thatsache,

welche unmittelbar zu einer wichtigen Folgerung führt. Die Zenithtemperatur z besteht nämlich aus zwei Theilen, wovon der eine von der veränderlichen mittleren Temperatur t'' der Atmosphäre, und der andere von der unveränderlichen Temperatur t' des Weltraums herrührt. Da nun die Zenithtemperatur schon in einer einzigen Nacht beträchtliche Veränderungen erfährt, so folgt offenbar, daß ihr unveränderlicher Bestandtheil gegen ihren veränderlichen nur einen sehr kleinen Werth hat, und daß folglich bei der nächtlichen Wärmeausstrahlung die strahlende Wärme des Weltraumes gegen die der Atmosphäre sehr klein ist. Pouillet erhielt bei seinen Berechnungen, außer den drei Temperaturen z t'' t', die Konstante der Wärmeausstrahlung = 1,077, das Absorptionsvermögen der Atmosphäre für die Wärme des Weltraums = 0,35 bis 0,4, und das Absorptionsvermögen der Atmosphäre für die Wärme der Erde = 0,9, und fand mit Hülfe seiner Versuche und Rechnungen für die Temperatur des Weltraumes annähernd — 142° C.

Das Endresultat aus allen diesen Untersuchungen ist dies: Die Sonne sendet in der Minute jedem Quadratcentimeter der Oberfläche eine Wärmemenge von 1,7633 zu, von dieser Wärme und von der des Weltraums absorbirt die Atmosphäre bei heiterem Himmel ungefähr 0,4, von der von der Erde ausgestrahlten Wärme 0,9, und die gegenwärtige Temperatur des Himmelsraumes beträgt — 142° C.

„Es kann nicht nachdrücklich genug erinnert werden, sagt Pouillet, daß das ungleiche Absorptionsvermögen der atmosphärischen Luft bei allen terrestrischen Erscheinungen eine wichtige Rolle spielt, und daß man folglich nach allen Kräften bemüht sein muß, dasselbe mit Genauigkeit zu bestimmen. Wenn uns gegenwärtig die verschiedenen Regionen des Himmels, welche successiv durch das Zenith gehen, gleiche Wärmequantitäten zuzusenden scheinen, so hat dies höchst wahrscheinlich nur in der Unvollkommenheit unserer Apparate seinen Grund; denn wir bemerken solche Unterschiede in der Natur, Entfernung, Anzahl und Gruppirung der Gestirne im Himmelsraume, daß man unmöglich annehmen kann, daß der beständig veränderliche über dem Horizonte befindliche Theil des Himmels stets dem unter dem Horizonte befindlichen Theile gleich sein sollte, und es ist folglich auch durchaus unmöglich, daß alle Halbkugeln, welche wir von dem Himmelsgewölbe erblicken, der Erde wirklich dieselbe Quantität Wärme zusenden. Besonders in der Aequatorialzone muß man diese Unterschiede zu bestimmen suchen, weil sie daselbst ohne Zweifel beträchtlicher, regelmäßiger und leichter zu beobachten sein müssen."

Zum Schlusse mögen hier noch einige der allgemeinsten Folgerungen ihre Stelle finden, welche sich aus Pouillet's Untersuchungen ergeben.

Die Wärmemenge, welche der Himmelsraum der Erde und der Atmosphäre im Verlauf eines Jahres zusendet, wäre im Stande, eine, unsere Erde

umgebende Eisschicht von 26 Meter Dicke zu schmelzen. Da nun die der Erde von der Sonne zugesandte Quantität Wärme eine solche Eisschicht von 31 Meter Dicke zu schmelzen vermag, so folgt, daß die Erde im Ganzen eine Quantität Wärme erhält, welche im Stande ist, eine die Erde umgebende Eisschicht von 57 Meter Dicke zu schmelzen, und der vom Himmelsraume herrührende Theil dieser Wärme beträgt $^5/_6$ der Sonnenwärme. Zwischen den Wendekreisen beträgt die der Erde vom Himmelsraume zugesandte Wärme blos $^2/_3$ der Sonnenwärme; denn diese entspricht dem Schmelzen einer Eisschicht von 39 Meter Dicke.

Diese Resultate scheinen der gewöhnlichen Vorstellung, welche man sich von der Kälte des Himmelsraumes und von der Wärme der Sonne macht, so sehr zuwiderzulaufen, daß man geneigt sein könnte, sie als unzulässig zu betrachten, und in der That ist die Quantität Wärme, welche der Himmelsraum bei seiner Temperatur von — 142° C der Erde zusendet ungemein beträchtlich und fast der von der Sonne mitgetheilten mittleren Quantität Wärme gleich. Allein man muß bedenken, daß die Sonne in Beziehung auf die Erde am Himmelsgewölbe einen so kleinen Raum einnimmt, daß sie der Erde 200000 Mal mehr Wärme zusenden muß, um dieselbe Wirkung hervorzubringen.

„Wenn man übrigens die Erscheinungen, sagt Pouillet, aus einem anderen Gesichtspunkte betrachtet, so kann man im Gegentheil annehmen, daß die Wärmewirkung der Sonne bei diesen Bestimmungen zu hoch angeschlagen ist; denn wenn man die Temperatur statt die Wärmequantitäten bestimmt, so gelangt man zu dem Resultate, daß, wenn die Sonne der Erde keine Wärme zusendet, die Temperatur der Erdoberfläche überall gleichförmig (weil die Temperatur des Himmelsraumes durchaus gleichförmig ist) und = — 89° C sein würde. Da nun die mittlere Temperatur des Aequators 27°,5 C beträgt, so muß man hieraus schließen, daß die Temperatur der Aequatorialzone durch die Gegenwart der Sonne um 116°,5 C erhöht wird. Ebenso wäre die mittlere Temperatur der Atmosphäre unter dem Aequator ohne die Wärmewirkung der Sonne = — 149° C, während daß sie etwa — 10° C beträgt. Folglich wird die mittlere Temperatur der ganzen Atmosphäre unter der heißen Zone durch die intermittirende Gegenwart der Sonne um 139° C erhöht.“

Aus dem Obigen geht nun hervor, daß die Erde und die Atmosphäre ununterbrochen von der Sonne und dem Weltraume Wärme empfangen, und daß diese Wärme sich nach und nach außerordentlich anhäufen müßte, wenn nicht die Erdoberfläche sowol, als die Atmosphäre, doch diese in geringerem Grade als jene, unausgesetzt Wärme strahlten, die sich mit der des Weltraumes vereinigt. Die nothwendige Folge davon ist das Temperaturgleich-

gewicht der Erde, die Erhaltung der beobachteten Wärmevertheilung und Aufeinanderfolge der Temperaturen.

§ 55. Es ist in den letzten §§ wiederholt von einem Wärmestrahlungsvermögen der Körper die Rede gewesen, ohne welches die Aenderungen ihrer Temperatur ein Räthsel wären. Es wird zweckmäßig sein, dasselbe hier etwas näher zu betrachten, und überhaupt dürfte es nicht als überflüssig erscheinen, die vorzüglichsten Wirkungen der Wärme und ihre Beziehungen zu den Körpern näher in's Auge zu fassen, weil hievon das Verständniß der nun folgenden meteorologischen Erscheinungen abhängig ist.

Unter strahlender Wärme versteht man diejenige Wärme, welche ebenso durch gewisse Körper hindurchgeht, wie das Licht durch die durchsichtigen Körper. Die Luft ist ein solcher wärmedurchlassender, diathermaner Körper (§ 51), indem sie einen Theil der Sonnenwärme, wie das Licht, durchläßt, ohne dieselbe zu absorbiren. Ebenso erhitzt uns ein Feuer auch in der Entfernung, ohne daß die Luftschichten, welche uns davon trennen, successive erhitzt würden. Hängt man eine rothglühende Eisenkugel in einem Zimmer auf, so verbreitet dieselbe ringsum Wärme, ohne daß die umgebende Luft, welche die Kugel nicht unmittelbar berührt, ihre ursprüngliche Temperatur änderte. Diese Wärme, welche von Körpern, die bis zum Leuchten erhitzt sind, nach allen Richtungen durch die Luft hindurchgeht, ist die strahlende Wärme, und solchen Körpern schreibt man Wärmestrahlungsvermögen zu. Dieses Vermögen besitzen aber nicht nur die in so hohem Grade erhitzten Körper, sondern es kommt allen Körpern ohne Unterschied zu, steht zwar im Verhältniß zur Temperatur, verschwindet aber nie ganz, indem es noch in einer Kugel, welche so stark abgekühlt ist, daß sie im Dunkeln nicht mehr sichtbar ist, nicht nur in siedendem, sondern auch in Wasser von gewöhnlicher Temperatur, im Eise, gefrorenen Quecksilber und überhaupt in allen Körpern, wie kalt sie auch sein mögen, vorhanden ist. Die Körper strahlen daher gegen ihre Umgebung, die sie sehen können, Wärme aus und empfangen welche von ihr, nicht nur wenn die Temperatur der Luft über Null ist, sondern nach Beobachtungen in der Polarregion selbst bei einer Lufttemperatur von mehr als 20° C unter O. Von allen Punkten eines kalten oder warmen Körpers gehen fortwährend Wärmestrahlen aus und bewegen sich so lange frei in der Luft fort, bis sie auf irgend einen Körper treffen, der sie zurückhält. Natürlich ist die Wärmestrahlung eines Körpers von einem Wärmeverlust desselben begleitet, wie uns Beispiels halber folgender Versuch zeigen kann. Wenn man eine hohle Kugel von Zinn oder Messing mit heißem Wasser anfüllt, dieselbe in einem Zimmer aufhängt und ein Thermometer in das Wasser stellt, so bemerkt man, wie das Thermometer allmälig sinkt. Das Sinken des Thermometers ist die Wirkung der Wärmeabnahme, und diese rührt nicht etwa von der Verdampfung des Wassers her, weil die Vorrichtung keine

Verdampfung zuläßt, sondern ist die Wirkung der Wärmestrahlung von der Oberfläche der Kugel gegen die Zimmerluft. Es ist aber sehr merkwürdig, daß die Stärke der Wärmestrahlung, also der Grad der Abkühlung, mehr abhängig ist von dem Zustande der Oberfläche eines Körpers, als von der Natur seiner Substanz. Polirte Oberflächen besitzen das Vermögen zu strahlen in geringerem Grade, als nicht polirte. Man hat Versuche mit glänzenden Zinnkugeln, die mit heißem Wasser gefüllt waren, gemacht, und diese zeigten, daß ein Thermometer, welches in das Wasser gestellt war, sich in 156 Minuten bis halb zur Temperatur des Zimmers abkühlte; erhielt aber die Zinnkugel einen dünnen Ueberzug von Lampenruß, so erfolgte die Abkühlung bis zu derselben Temperatur in 81 Minuten, so daß die Schnelligkeit der Abkühlung durch die Veränderung der Oberfläche nahe verdoppelt war. Ein ähnliches Resultat erhielt man, wenn man die Kugel mit Leinwand überzog, oder sie bemalte, wobei auf die Farbe gar nichts anzukommen scheint. Aber nicht alle Körper sind, auch abgesehen von ihrer Oberfläche, gleich gute Strahlenwerfer; Metalle besitzen diese Eigenschaft in geringerem Grade als poröse Körper.

Wir sehen aus dem angeführten Beispiele, daß ein Körper gar nicht bis zum sichtbaren Glühen erhitzt zu werden braucht, um Wärme auszustrahlen; Wärmestrahlen ohne Lichtstrahlen strahlen vielmehr während der ganzen Dauer der Abkühlung eines Körpers aus, und dies dauert auch dann noch fort, wenn die Temperatur desselben unter die Temperatur der Umgebung herabgesunken ist. Feste Körper, welche ein größeres Wärmestrahlungsvermögen besitzen als die Luft, können durch Strahlung sehr bald eine Temperatur annehmen, welche 6°, 8° bis 9° R niedriger sein kann als die der Luft.

Die Körper verlieren aber nicht nur durch Strahlung Wärme, sondern bekanntlich auch durch Leitung. Bei starren Körpern ist die Fähigkeit, Wärme zu leiten, ungleich; dichte oder schwere Körper sind im Allgemeinen gute Leiter, während poröse und leichte die Wärme unvollkommen leiten; Metalle z. B. sind bessere Leiter als Wolle, weshalb sich letztere vorzüglich zur Bekleidung eignet. Schlechte Wärmeleiter sind die Flüssigkeiten, besonders Gase. Bei ihnen scheint sich die Wärme größtentheils nur durch die Bewegung ihrer Theilchen fortzupflanzen. Wird nämlich der untere Theil einer Flüssigkeit oder einer Luftschicht erwärmt, so werden die erwärmten Theilchen leichter als die übrigen, sie steigen schnell empor, verbreiten die Wärme nach allen Seiten, und an den Heerd der Erwärmung kommen neue kältere Theilchen, die ihrerseits wieder aufsteigen.

Werden mehrere Körper von verschiedenen Temperaturen, einige heiß, andere kalt, neben einander gestellt, so nähern sich ihre Temperaturen einander allmälig, und nach einiger Zeit findet man sie alle von gleicher Temperatur. Wir müssen, um das Entstehen und Fortbestehen eines Gleichgewichts

der Temperatur zu erklären, annehmen, daß alle Körper zu allen Zeiten Wärme in großer Menge nach allen Richtungen ausstrahlen, wenn auch ihre Temperatur die Temperatur der Atmosphäre nicht allein nicht übertrifft, sondern wenn sie auch sogar niedriger als diese ist. Hieraus ergibt sich ein fortwährender Umtausch der Wärme zwischen benachbarten Körpern, und es entsteht nur dann ein Gleichgewicht der Temperatur, wenn jeder Körper so viel strahlende Wärme empfängt, als er selbst ausstrahlt, oder so viel durch Leitung empfängt, als er durch Leitung mittheilt. Dieser beständige gegenseitige Wärmeaustausch erhält also alle Körper in solchen Wärmeverhältnissen, daß keiner eine Temperaturveränderung erfahren kann, ohne daß nicht zugleich alle übrigen Körper augenblicklich daran Theil nehmen, aber nach ihrer Größe, ihrer Entfernung und ihrem Wärmevermögen in verschiedenen Verhältnissen. Zündet man daher in einem Zimmer ein Licht an, so wird durch die von ihm ausstrahlende Wärme die Temperatur aller Körper in diesem Zimmer verändert, gerade wie ihre Helligkeit durch das von ihm ausströmende Licht.

Wir haben gesehen, daß Wärmestrahlung Wärmeverlust zur Folge hat; hätten die Körper daher nur das Emissionsvermögen, so würden sie zuletzt aller Wärme ledig und baar. Dies wird verhindert durch das ihnen von der Natur verliehene Wärmeabsorptionsvermögen, welches mit ihrem eigenen Strahlungsvermögen in Beziehung steht; denn Flächen, welche die Wärme stark ausstrahlen, absorbiren eine große Menge der auf sie fallenden Wärme, während Flächen, die ein geringes Strahlungsvermögen besitzen, auch nur wenig absorbiren. Das Absorptionsvermögen sucht also die Wärmeverluste durch Ausstrahlung beständig zu ersetzen, und dies gilt von allen Körpern ohne Unterschied; denn alle erhitzen sich in den Sonnenstrahlen und nehmen alle ohne Ausnahme eine höhere Temperatur als die der umgebenden Luft an, was beweis't, daß sie nicht durch die Luft erhitzt werden. Selbst in leeren Hüllen, worin sie frei aufgehangen sind, erhitzen sich alle Körper, und absorbiren folglich die von den Wänden dieser Hüllen ausgestrahlte Wärme. Man kann das Leitungsvermögen der Körper für die Wärme als die Eigenschaft derselben ansehen, die Wärme zu absorbiren und in ihrer ganzen Masse zu verbreiten. Nicht alle Wärme, welche auf einen Körper fällt, wird aber von demselben absorbirt, sondern ein größerer oder geringerer Theil derselben wird von ihm zurückgeworfen oder reflektirt, und die Körper besitzen somit auch ein Wärmereflexionsvermögen, welches mit dem der Ausstrahlung nicht zu verwechseln ist, und zu dem Absorptionsvermögen in einer solchen Beziehung steht, daß die Summe aus den Quantitäten der absorbirten und reflektirten Wärme immer genau die gesammte auf den Körper gefallene Wärme wiedergeben muß. Das eine dieser Vermögen nimmt also zu, wenn das andere abnimmt, und wenn das Reflexionsvermögen Null sein sollte, so müßte das Absorptionsvermögen total sein, was indeß nur bei sorgfältig mit Kienruß überzogenen Flächen der Fall ist.

Hinsichtlich der Fähigkeit, die Wärme einzunehmen, verhalten sich die Körper ungleich. Gleiche Massen von Wasser und von Quecksilber z. B. erfordern eine verschiedene Menge von Wärme, um auf eine gleiche Temperatur erwärmt zu werden. Denn wenn man zwei gleich große Thermometer, von denen das eine mit Quecksilber, das andere mit Wasser gefüllt ist, zugleich in heißes Wasser taucht, so zeigt sich, daß das Quecksilberthermometer die Temperatur des heißen Wassers in der Hälfte der Zeit annimmt, welche das andere dazu nöthig hat, und wenn man dann, nachdem beide Thermometer auf gleiche Temperatur gekommen sind, dieselben aus dem Wasser nimmt, so wird man finden, daß sich das Quecksilberthermometer doppelt so schnell als das Wasserthermometer abkühlt. Die Ursache ist die, daß das Quecksilber nur die Hälfte von der Wärme aufnimmt, welche das Wasser nöthig hat, um auf eine gleiche Temperatur erwärmt zu werden, und daß es also bei'm Abkühlen nur halb so viel Wärme zu verlieren hat. Mischt man gleiche Massen Wasser von 20° R und 80° R, so ist die Temperatur des Gemisches 50°, das heiße Wasser hat nämlich 30° Wärme abgegeben, um das kalte Wasser um dieselbe Anzahl von Graden zu erwärmen. Nimmt man aber statt heißen Wassers ein gleiches Maß auf 80° erwärmtes Quecksilber und mischt es mit demselben Maß Wasser von 20°, so beträgt die Temperatur des Gemisches nur etwa 40°. Es ist also das Quecksilber von 80° auf 40° abgekühlt worden, oder es hat das Quecksilber 40° Wärme verloren, die, an das Wasser abgegeben, dessen Temperatur nur um 20° erhöht haben. Beide Versuche zeigen, daß das Wasser eine größere Wärmekapazität hat als das Quecksilber. Vergleicht man die Wärmekapazität verschiedener Körper für gleiche Gewichte, statt für gleiche Maße, so hat man durch genaue Versuche gefunden, daß 1 Pfund Wasser 30 Mal mehr Wärme absorbirt als 1 Pfund Quecksilber. Setzt man die Wärmekapazität des Wassers = 1000, so wird hiernach die des Quecksilbers $\frac{1000}{30} = 33{,}3$, und so kann man passend die Wärmekapazität aller Körper mit der des Wassers, diese gleich 1000 gesetzt, vergleichen. Die so erhaltenen Zahlen drücken die spezif. Wärme der Körper aus. Von allen flüssigen und starren Körpern hat Wasser die größte spezif. Wärme, weshalb das Meer ein großes Magazin der Wärme ist und einen wohlthätigen Einfluß auf die Ausgleichung der Temperatur der Atmosphäre äußert. Die geringe spezif. Wärme des Quecksilbers macht, daß es schnell erwärmt wird und sich schnell wieder abkühlt, eine Eigenschaft, die es als thermometrische Flüssigkeit empfiehlt. Die Wärmekapazität der Gase ist ziemlich beträchtlich, denn die spezif. Wärme der Luft ist 267, des Wasserdampfes 847, des Wasserstoffes sogar 3294. Aus der im Vergleich zum Wasser geringeren spezif. Wärme des Wasserdampfes geht hervor, daß sich die spezif. Wärme eines Körpers durch seinen physikali-

schen Zustand ändern kann. Man hat auch beobachtet, daß die Wärmekapazität eines Gases durch dessen Verdünnung sich erhöht. Wird das Volumen eines Gases verdoppelt, so wird die spezif. Wärme desselben beinahe doppelt so groß, und darum kühlen sich Gase und Dämpfe bei ihrer Ausdehnung ab und bedürfen im ausgedehnten Zustande mehr Wärme, um auf der früheren Temperatur zu bleiben. Atmosphärische Luft, die sich auf ihr doppeltes Volumen ausdehnt, kühlt sich um 17° bis 20° ab, und ihre Temperatur erhöht sich um einen gleichen Betrag, wenn sie auf die Hälfte ihres Volumens zusammengedrückt wird. Preßt man sie durch einen Stempel in einem messingenen Zylinder schnell um $^1/_5$ ihres Volumens zusammen, so ist die frei werdende Wärme so bedeutend, daß dadurch Schwamm sich entzünden kann.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß alle Körper, starre, flüssige, sowie Gase und Dämpfe, beim Erwärmen eine Vergrößerung ihres Volumens erleiden, sie dehnen sich aus und ziehen sich bei der Abkühlung wieder auf ein geringeres Volumen zusammen. Die Ausdehnung der starren Körper durch Wärme ist nicht bedeutend, kann aber doch leicht bemerkbar gemacht werden. So zeigt sich z. B. eine Eisenstange, welche kalt genau in ein Maß paßte, stark erhitzt, länger und dicker; wird sie wieder abgekühlt, so zieht sie sich auf ihr früheres Volumen zusammen. Deshalb werden die eisernen Reifen der Wagenräder stark erhitzt, also im ausgedehnten Zustande, aufgelegt; werden sie dann durch Uebergießen mit Wasser plötzlich abgekühlt, so ziehen sie sich mit unwiderstehlicher Gewalt zusammen und binden das Holzwerk des Rades mit großer Kraft. Größer, als bei starren Körpern, ist die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch Wärme, und die einen Flüssigkeiten dehnen sich beträchtlicher aus als die anderen; 9 Maß Weingeist, vom Gefrierpunkt bis zum Siedepunkt des Wassers erhitzt, werden zu 10 Maß, 22,6 Maß Wasser zu 23,6 Maß, 55,5 Maß Quecksilber zu 56,6 Maß, so daß sich also der Weingeist sechsmal stärker ausdehnt als das Quecksilber. In höheren Temperaturen steigert sich die Ausdehnung, wovon jedoch das Quecksilber insofern eine Ausnahme macht, als seine Ausdehnung ziemlich gleichförmig ist. Am stärksten werden durch Erwärmung Dämpfe und Gase ausgedehnt. Erwärmt man nämlich Eisen, Wasser und Luft bis zur Siedhitze des Wassers, so werden 1000 Kubikzoll Eisen blos zu 1004 Kubikzoll, 1000 Kubikzoll Wasser zu 1045 Kubikzoll und 1000 Kubikzoll Luft zu 1365 Kubikzoll ausgedehnt.

Diese Eigenschaft der Wärme, die Körper auszudehnen, gibt uns ein Mittel an die Hand, sie zu messen. Schon vor mehr als 200 Jahren wurde von dem holländischen Bauer Drebbel ein Instrument erfunden, welches durch die Ausdehnung eines Körpers die Abwechselungen in der Stärke der Wärme zeigt. Seit dieser Zeit ist es mehrfach verbessert worden und wird sehr all-

gemein angewendet. Dieses Instrument ist das bekannte **Thermometer** (Wärmemesser). Man bedient sich zur Bestimmung der Wärme am besten der Flüssigkeiten und hat dazu den Weingeist, und noch häufiger das Quecksilber gewählt, dessen Ausdehnung gleichförmiger und geringer als die des Quecksilbers ist. Werden Weingeist oder Quecksilber erwärmt, so gibt sich ihre Ausdehnung bekanntlich durch Steigen, ihre Zusammenziehung in Folge von Abkühlung durch Fallen kund. Die Größe des Steigens und Fallens läßt sich durch eine mit der Röhre verbundene Skale messen, deren Theile die Grade des Thermometers sind. Zum **Nullpunkt** der Theilung wählt man fast allgemein denjenigen Punkt, welchen das Thermometer in schmelzendem Schnee oder gefrierendem Wasser zeigt. Der Nullpunkt heißt daher auch **Gefrierpunkt**. Die von ihm aufwärts gezählten Grade geben die Wärme an und werden mit + bezeichnet, die vom Gefrierpunkt abwärts gezählten die Kälte und haben das Zeichen —. Um die Größe der Grade zu bestimmen, bemerkt man am Thermometer den Punkt, zu welchem er in den Dämpfen des siedenden Wassers steigt; es ist der **Siedpunkt**. Den Raum zwischen beiden Punkten theilte Reaumür in 80°, Celsius in 100° ein. Das achtzigtheilige Thermometer ist jetzt das gewöhnlichste, wornach auch in diesem Buche fortan, wenn nichts näher bemerkt wird, alle Temperaturen bestimmt sind. Wohl zu merken ist, daß der Nullpunkt der Thermometerskalen in keiner Beziehung steht zum wirklichen Nullpunkte der Wärme, zu dem Punkte, bei welchem die Körper alle Wärme verloren haben. Ueber diesen Punkt wissen wir nichts, und sehr wahrscheinlich ist noch Niemand demselben nahe gekommen. Da bei — 32° das Quecksilber gefriert, so muß man bei größerer Kälte den Weingeistthermometer anwenden, weil der Weingeist durch die größte Kälte, die wir zu erzeugen im Stande sind, nicht hat zum Gefrieren gebracht werden können.

Es ist schon in den Vorbegriffen bemerkt worden, daß ohne Rücksicht auf Wärme das Flüssige überhaupt nicht erklärt werden könne; und in der That ist der flüssige Zustand der Körper Wirkung der Wärme, so daß sie also nicht nur eine Veränderung des Volumens der Körper durch Ausdehnung veranlaßt, sondern auch eine Veränderung in ihrem physischen Zustande bewirkt. Die wichtigste Thatsache beim Uebergang eines starren Körpers in den flüssigen Zustand ist das Verschwinden einer großen Menge von Wärme. Die Wärme strömt fortwährend in den Körper, ohne daß dadurch seine Temperatur im Geringsten erhöht wird, bis der neue Aggregatzustand hergestellt ist. Man nennt die hiezu erforderliche Wärme **latent, gebunden**, weil sie unbemerkbar ist und das Thermometer nicht affizirt. Will man z. B. Eis schmelzen, so muß eine sehr beträchtliche Menge von Wärme in das Eis übergehen, um das Wasser zu bilden; aber die einzige Wirkung dieser Wärme besteht darin, das Eis in Wasser zu verwandeln, welches nicht im mindesten mehr

Wärme zeigt als das Eis, indem ein Thermometer in dem vom Eis abfließenden Wasser genau dieselbe Temperatur zeigt, als wenn man es in das Eis selbst steckt. Diese große Menge Wärme scheint vom Wasser verschluckt worden zu sein, oder sich mit dem Wasser verbunden zu haben, und kann nicht durch das Thermometer erkannt werden. Schmilzt man Eis durch Wasser, so zeigt sich dieses Verschwinden von Wärme außerordentlich deutlich; mischt man nämlich 1 Pfund Wasser von 60° mit 1 Pfund Eis von 0°, so wird das Eis vollständig geschmolzen und das Gemisch gibt 2 Pfund Wasser von 0° Temperatur. Die auf diese Weise verschwindende Wärme wird nicht vernichtet oder zerstört, sondern bleibt gebunden im Wasser, so lange dieses flüssig ist, wird aber, sobald das Wasser gefriert, wieder frei und affizirt alsdann das Thermometer.

Eine andere allgemeine Wirkung der Wärme auf den Zustand der Körper ist das Verdampfen. Dämpfe sind, wie wir wissen, leichte, expansible und gewöhnlich unsichtbare Gase, welche der atmosphärischen Luft in ihren mechanischen Eigenschaften vollkommen gleichen, durch Erkältung aber zu Flüssigkeiten oder starren Körpern verwandelt werden können. Das Wasser erleidet eine große Ausdehnung, wenn es sich in Dampf verwandelt, indem 1 Kubikzoll Wasser unter gewöhnlichen Umständen sich bei seiner Umwandlung in Dampf zu 1696 Kubikzoll ausdehnt. Bei dieser Umwandlung geht eine viel größere Menge von Wärme in die Dämpfe ein als in die Flüssigkeiten; denn es verschwindet dabei so viel Wärme, als hinreichend wäre, um die Temperatur der verdampften Menge von Wasser um 432° bis 440° zu erhöhen. Aber diese Wärme ist latent; denn untersucht man die Temperatur des von siedendem Wasser aufsteigenden Dampfes, so zeigt das Thermometer keine höhere Temperatur als die des Wassers selbst ist. Diese Menge von Wärme dient also lediglich dazu, das Wasser in Dampf zu verwandeln, ähnlich wie wir es vorhin bei Verwandlung des Eises in Wasser gefunden haben, wird aber wieder frei und fühlbar, wenn der Dampf zu Wasser verdichtet.

Wir sind mit den letzten Bemerkuugen bei einem Punkte angelangt, der einen bequemen Uebergang zur Meteorologie darbietet und uns zudem zeigen kann, wie so viele Erscheinungen der Atmosphäre Ursache und Wirkung zugleich sind. Durch höhere Wärme wird die Verdunstung vermehrt und durch vermehrte Verdunstung Kälte erzeugt; steigende Kälte läßt das Wasser gefrieren und bei der Bildung des Eises wird wieder Wärme frei.

II. Meteorologie.

Wässerige Meteore und Luftströmungen.

§ 56. Die Luft, besonders die untere Luft ist feucht, und als die Ursache dieser atmosphärischen Feuchtigkeit hat man die Wasserdämpfe anzusehen, welche von der Oberfläche des Meeres, der Seen und Flüsse, und des feuchten Bodens in die Luft aufgenommen werden. Der Grad der Verdunstung hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Unter diesen ist die Temperatur die vorzüglichste; je größer sie ist, desto größer ist auch die Verdunstung des Wassers, wie aller Flüssigkeiten. Hieraus folgt umgekehrt von selbst, daß die Verdunstung abnehmen und zuletzt auf ein Minimum herabsinken müsse, wenn die Wärmemenge, welche die Expansion des gebildeten Wasserdampfes bewirkt, stets geringer wird. Die Verdunstung des Wassers findet indeß unausgesetzt Statt; denn auch das Eis verdunstet, und noch schneller als Eis der Schnee, besonders frischer Schnee, der in sofort steigender Kälte allmälig verschwindet. — Eine andere Bedingung der Verdunstung ist der Druck der Luft, welche auf der verdampfenden Wasserfläche lastet. Saussüre verglich eine Reihe von Verdunstungsversuchen, die er in Genf, mit einer anderen, die er auf dem Col du Géant angestellt hatte, und fand, unter Voraussetzung gleicher Temperatur und Trockenheit der Luft an beiden Stationen, daß die Verdunstung auf dem Berge zu der in Genf sich etwa wie 7 : 3 verhalte, so daß demnach eine Verminderung von ungefähr einem Drittheil in der Dichtigkeit der Luft den Gang der Verdunstung mehr als verdoppelte. Verminderter Luftdruck ist daher ebenfalls, wie Erhöhung der Temperatur, eine Bedingung starker und schneller Verdunstung. — Da ferner die Luft, wie Versuche lehren, nur ein gewisses Quantum von Wasserdampf in sich aufzunehmen vermag, bei welchem sie damit gesättigt ist, so wird trockene Luft eine dritte Bedingung größerer Verdunstung sein. Denn ist die Luft feucht, so wird die Verdunstung neutralisirt, während trockene Luft den Wasserdampf begierig in sich aufnimmt. Wirken die beiden letzten Bedingungen gemeinschaftlich, so ist das Ergebniß desto auffallender, und es läßt sich daraus die starke Verdunstung auf hohen Bergspitzen leicht erklären. — Eine vierte Bedingung der Verdunstung folgt aus dem Gesetze, nach welchem die Affinität der Wärme zu den verschiedenen Körpern und ihr Bestreben, sich mit ihnen zu Dampfform zu verbinden, so stark ist, daß stets auf's neue Dampf gebildet wird. Dabei ist aber wohl zu merken, daß die Dichtigkeit des Dampfes in einem gegebenen Raume nur bis zu einer gewissen, durch die Temperatur bedingten Größe wachsen kann, weil ein gewisser Theil des Wärmestoffes stets fühlbar

bleibt und nicht gebunden wird, weshalb kein neuer Dampf gebildet werden kann, sobald der bereits gebildete die der Temperatur zugehörige Dichtigkeit erhalten hat. Hieraus werden viele bei der Verdunstung vorkommende Erscheinungen erklärlich. Dahin gehört z. B. die Kälte, welche durch jede Luftbewegung entsteht, wenn die bewegte Luftmasse nicht eine merklich höhere Temperatur hat und dadurch die in Folge der Verdunstung entstehende Kälte überwindet. Es erzeugt das Fächeln, Blasen, die Zugluft, Abkühlung, wie man namentlich im Sommer empfindet, wenn die den Körper umgebende, mit Dampf gesättigte Luft fortbewegt und frische, trockene an ihre Stelle geschafft wird. Aus demselben Grunde befördern Winde, die noch nicht mit Dampf gesättigt sind, die Verdunstung, indem sie den bereits vorhandenen Dampf fortschleudern und ihre Wärme der kälteren, verdunstenden Oberfläche mittheilen. Sind die Winde aber mit Dampf gesättigt, so vermögen sie keinen neuen aufzunehmen. — Die Verdunstung wächst endlich mit der Vergrößerung der Oberfläche, eine Bedingung, die aus der Natur der Sache selbst folgt, sofern die Bildung des Dampfes über jedem einzelnen Theile der Oberfläche gleichmäßig erfolgt. Ist aber die Oberfläche sehr groß, so wird die gebildete Dampfschicht durch die Luftströmung von einem Theile der Oberfläche dem andern zugeführt, und dann kann bei schon vorhandener Sättigung keine weitere Verdunstung stattfinden, außer in Folge erhöhter Temperatur und sofern die leichtere, mit Dampf erfüllte Luft aufsteigt, trockene dagegen herabsinkt oder von der Seite zugeführt wird.

Aus dem Bisherigen sieht man leicht, daß es wesentlich die Temperatur, der Luftdruck und die Windrichtung sind, welche im innigsten Zusammenhange mit der belebenden Feuchtigkeit der Luftschichten stehen, und es folgt hieraus für die Atmosphäre, daß die Quantität des Wasserdampfes in derselben nach Stunden des Tages, Breitengraden und Höhen verschieden ist, weshalb auch im Sommer und zwischen den Tropen stärkere Regen fallen. Im Allgemeinen ist die Quantität des Wasserdampfes in der Atmosphäre sehr groß und soll im Mittel über die ganze Erde 30 Zoll Wasserhöhe betragen; auf jeden Fall ergibt sich aus den angestellten Versuchen, daß die Menge des verdunstenden Wassers hinreicht, um daraus die wässerigen Meteore sowol als die Entstehung der Quellen zu erklären. Insbesondere wächst die Verdunstung ausnehmend, je näher man dem Aequator kommt, so daß man dort die Luft im Sättigungszustande will gefunden haben; wenigstens trifft man in der äquatorischen Zone eine unglaubliche Feuchtigkeit an, und wenn man unter den mittleren Breiten die Menge des in Dampf verwandelten Wassers zu 30 Zoll annehmen kann, so muß man für die Gegenden unter der Linie zwei- bis dreimal so viel annehmen.

Ich erwähne hier nur noch zweier Punkte, welche auf die Wasserdämpfe Bezug haben. Weil diese elastisch sind, so wird durch ihr Hinzutreten die

Elastizität der Luft um so viel vermehrt, als die Elastizität der Dämpfe beträgt, deren Spannkraft überdies mit der Erhöhung der Temperatur wächst. — Die Wärme verbindet sich so begierig mit den verdampfbaren Körpern, daß die Luft sofort einen Theil ihrer freien Wärme abgibt, um mit den ihr zugänglichen Flüssigkeiten sich zu Dampf zu verbinden, woraus das entsteht, was man Verdunstungskälte nennt.

Die in die Atmosphäre aufgestiegene Wassermenge verbleibt aber nicht in expandirtem Zustande in derselben, sondern verschiedene Ursachen bewirken wieder eine Abscheidung des Wasserdampfes, oder die wässerigen Meteore — Niederschläge, welche verschiedenartig, als Thau, Nebel, und Wolken, als Regen und Schnee, den Boden benetzen, zu dessen Belebung mitwirken und somit ein wirksames Glied im großen Kreislaufe des Wassers sind.

§ 57. Der Thau, dieser feinste, nur in seltenen Fällen die Luft etwas trübende atmosphärische Niederschlag, ist eine allgemein bekannte Erscheinung. Der Vorgang bei seiner Bildung ist derselbe, den wir im Winter an Fensterscheiben beobachten können, wenn sich dieselben mit Feuchtigkeit belegen. Das Fensterglas, durch die äußere Luft erkältet, erniedrigt die Temperatur der mit ihm in Kontakt stehenden warmen und feuchten Zimmerluft, und wird dadurch häufig so stark belegt, daß die auf ihm verdichtete Feuchtigkeit in Tropfen herabläuft. Soll nun auch die in der Luft schwebende Feuchtigkeit sich in der Gestalt von Thautropfen auf die Gegenstände der Erdoberfläche niederschlagen, so müssen diese kälter sein als die sie umgebende Luft, und die Ursache ihrer niedrigeren Temperatur kann nur in der Wärmestrahlung des Erdbodens gesucht werden (§ 55). Wenn nämlich nach dem Untergang der Sonne die Luft ruhig und der Himmel heiter ist, so kühlen sich die ganze Erdoberfläche und die ganze Atmosphäre in Folge ihrer Wärmestrahlung gegen den Himmelsraum ab, dessen Wärme nicht hinreichend ist, um die Erde und Atmosphäre in der erlangten Temperatur zu erhalten, und zwar die festen Körper noch weniger als die Luft, weil jene ein größeres Wärmestrahlungsvermögen haben, und sehr schnell eine Temperatur annehmen, die, wie oben schon bemerkt worden ist, 6°, 8°, oder 9° niedriger sein kann als die der Luft. Indem auf solche Weise der Erdboden kälter, als die über ihm stehende Luft wird, erkältet und verdichtet ersterer die Feuchtigkeit der mit ihm in Berührung befindlichen Luft, und bedeckt sich mit Thau. Man kann nach dem, was im § 56. gesagt worden ist, nicht zweifeln, daß selbst die klarste Luft Wasserdampf enthält, dessen Menge hauptsächlich von der Temperatur abhängt, und Versuche lehren, daß wenn z. B. Luft von 0° $1/150$ ihres Volumens an Wasserdampf enthalten kann, sie bei 5° fähig ist $1/86$ ihres Volumens zu enthalten. Im Frühjahr und im Herbst finden bei uns die größten Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht Statt, und dies sind auch die Jahreszeiten, in welchen am reichlichsten Thau fällt.

Folgende Beobachtungen unterstützen die Ansicht von der Entstehung des

Thaues durch Wärmestrahlung. 1) Der Thau fällt nur vom Untergang bis zum Aufgang der Sonne, weil in dieser Zeit der Wärmeverlust durch Strahlung nicht durch Sonnenwärme ersetzt wird. 2) Der Thau fällt nur in hellen und ruhigen Nächten. Durch das Vorhandensein von Wolken wird die Erscheinung verhindert oder wenigstens sehr geschwächt, weil alsdann zwischen den Körpern auf der Erdoberfläche und den Wolken, deren Temperatur weit höher ist, als die des Himmelsraumes, ein Wärmeaustausch Statt findet. Hält man einer im Scheitelpunkte stehenden Wolke einen Hohlspiegel entgegen und bringt in den Brennpunkt desselben ein empfindliches Thermometer, so steigt dasselbe augenblicklich und fällt sofort wieder, wenn der Spiegel gegen den heiteren Himmel gehalten wird; ein Beweis, daß die Wolke Wärme zurückstrahlt. Der Wind verhindert diese Erscheinung ebenfalls, weil die durch Wärmestrahlung abgekühlten Körper durch die Berührung mit der sich fortwährend erneuernden Luft wieder erwärmt werden. Wenn daher im Verlauf der Nacht heiteres und stilles Wetter sich in dunkles und stürmisches verwandelt, so verschwindet der Thau, der sich schon gebildet hatte. Hiermit hängt zusammen, daß die dünnsten Schirme, z. B. ein dünnes baumwollenes, einige Zoll über dem Boden ausgespanntes Tuch vollkommen hinreicht, die darunter befindlichen Gegenstände vor der Abkühlung durch Ausstrahlung zu schützen und die Bildung von Thau oder Reif auf denselben zu hindern. 3) Die Temperaturabnahme durch Strahlung endlich ist bei verschiedenen Körpern verschieden, am stärksten bei denjenigen Körpern, welche das größte Wärmestrahlungs- und das kleinste Wärmeleitungsvermögen haben, wofern sie sich an einem solchen Orte befinden, daß man von demselben aus die größte Ausdehnung des Himmels übersehen kann. Legt man z. B. eine polirte Metallplatte und eine Quantität Wolle zugleich unter günstigen Umständen aus, so wird sich auf dem Metalle kaum ein Anflug von Thau zeigen, während in der Wolle eine beträchtliche Menge davon kondensirt wird, weil eben letztere, wie alle poröse Körper, ein großes Strahlungs- und geringes Leitungsvermögen besitzt, und also viel stärker als das Metall sich abkühlen muß. Man bedient sich daher der Wolle zum Drosometer oder Thaumesser.

Die Hauptbedingung der Thaubildung ist also eine hinlängliche Abkühlung des Erdbodens unter die Temperatur der darüber befindlichen Luft. In klaren Nächten fällt die Temperatur immer, aber Thau schlägt sich nur dann nieder, wenn die Luft hinreichende Feuchtigkeit besitzt; ist sie trocken, so kann es Fälle geben, wo sie nichts von ihrem Wasserdampfe abgibt, selbst nicht an Körper, die wegen ihres starken Strahlungsvermögens eine viel niedrigere Temperatur angenommen haben, als andere. Der Moment nämlich, wo der in der Luft befindliche Wasserdampf anfängt sich zu verdichten, hängt von der Menge des Dampfes ab, und entspricht einer gewissen Kondensationstemperatur, die der Thaupunkt heißt. Ist die Luft sehr feucht, so liegt der Thaupunkt nahe bei 12° und fast alle Körper sind als-

dann mit Thau bedeckt. Ist die Luft weniger feucht und der Thaupunkt liegt bei 8°, so bleiben die Körper von einer höheren Temperatur als 8° trocken, während die von einer niedrigeren als 8° mehr oder weniger mit Thau bedeckt sind. Ist endlich die Luft sehr trocken, und der Thaupunkt unter 4°, so bleiben alle Körper trocken, die kältesten wie die wärmsten. Es ist daher begreiflich, daß man den Thau am häufigsten an den Küstenländern warmer Klimate, und häufiger nach Regen, als nach anhaltend trockenem Wetter findet. In Europa stellt er sich bei West- und Südwestwinden aus leicht erklärlichen Gründen weit reichhaltiger ein, als bei Ost- und Nordostwinden. In manchen heißen Gegenden dient der Thau allein zur Erhaltung der Vegetation und ist so stark, daß er die Kleider des meistens bei Nacht Reisenden ganz durchnäßt. Bei Tor, am Golf bei Suez, ist der lehmige Boden vom gefallenen Thau ganz schlüpfrig, und in Alexandrien werden Kleider und Terrassen so naß, als ob es geregnet hätte. Ebenso häufig ist der Thau am persischen Meerbusen, in Chili, und die Schiffer erkennen die Annäherung an die Küste Koromandel dadurch, daß sich Thau niederschlägt. Auf wasserlosen Ebenen im Inneren der Kontinente fehlt dagegen der Thau gänzlich, ungeachtet der bedeutenden Abkühlung des Bodens und der Luft. Merkwürdig ist es auch, daß auf den Koralleninseln der Südsee kein Thau fällt; sie müssen sich offenbar Nachts nicht bis zum Thaupunkte abkühlen. Und doch sind manche dieser Gegenden, die des Thaues entbehren, wie die Ebenen von Cumana, Coro und Ceara (Nordbrasilien), nicht ohne Vegetation. „Das anmuthig frische Grün vieler Bäume, sagt Humboldt, welches man in solchen Gegenden der Tropenländer bemerkt, wo fünf bis sieben Monate lang kein Gewölk am Himmelsgewölbe aufsteigt, wo bemerkbar kein Thau und Regen fallen, beweist, daß die Blätter durch einen eigenen Lebensprozeß, welcher vielleicht nicht bloß der einer kälteerregenden Ausstrahlung ist, die Fähigkeit haben, Wasser der Luft zu entziehen."

Dieselbe Ursache, wie der Thau, hat der Reif; denn er ist gefrorner Thau. Wenn also bei Sonnenaufgang die Temperatur der Luft 4°,8 oder 5°,6 nicht übersteigt, so sind alle Körper mit Reif bedeckt, und wenn außerdem die Bedingungen der Thaubildung erfüllt werden, weil alsdann die Temperatur der kältesten Körper unter 0° herabsinkt; so kann sich der Reif selbst in Eis und in kleine Schneenadeln verwandeln. — Die verderblichen Herbst- und besonders Frühlingsreife rühren von derselben Ursache her, nur ist der Feuchtigkeitszustand der Luft alsdann nicht von alleinigem Einflusse mehr; denn es ist nicht nur der niedergeschlagene Dampf, welcher gefriert, sondern das in den jungen Schößlingen der Pflanzen, den Knospen, in den Blüthen, oder in den Fruchtkeimen enthaltene Wasser gefriert ebenfalls, wenn diese feinen Organe in Folge der nächtlichen Wärmeausstrahlung bis zu einer

Temperatur von 0°,5 oder 1° unter 0° herabsinken, was unfehlbar geschieht, sobald die Temperatur der Luft bis auf + 3°,2 oder 2°,4 bei heiterem Himmel und ruhiger Luft herabsinkt. Im Allgemeinen ist aber die Luft um die verschiedenen Theile der Bäume oder der Stauden nicht unbeweglich; denn die durch sie abgekühlten, sie berührenden Luftschichten gleiten, weil sie durch Abkühlung schwerer geworden, wie auf schiefen Ebenen herab und werden durch andere ersetzt, so daß die Pflanzen durch diese Bewegung erwärmt werden und wahrscheinlich aus diesem Grunde nicht mehr als 3°,2 oder 4° unter die Temperatur der Luft herabsinken.

Die Wirkungen der nächtlichen Wärmestrahlung hat man benutzt, um eine Methode der Bereitung von Eis zu erklären, welche die Indier in der Nähe von Calcutta befolgen. Sie wählen eine freie Gegend von der gehörigen Ausdehnung und theilen dieselbe in kleine Quadrate von 4 oder 5 Fuß Seitenlänge, die mit einem Erdaufwurf von 4 oder 5 Zoll Höhe umgeben sind. In diese mit gewöhnlichem Stroh oder Zuckerrohr bedeckten Fächer, welches die Leitung der Bodenwärme hindert, stellen sie mit Wasser gefüllte Gefäße. Obwohl nun in diesem Klima die Temperatur der Luft, selbst in den kältesten Nächten, selten unter 3°,2 oder 4° fällt, so überzieht sich dennoch das Wasser mit einer Decke von Eis, weil der nächtliche Himmel klar ist und eine mächtige Ausstrahlung von der Erdoberfläche Statt findet. Die Eisbildung ist wirklich der Effekt der Ausstrahlung, und nicht der Verdampfung, denn der Eisbildungsprozeß gelingt am besten, wenn man die Gefäße in Vertiefungen stellt, wodurch die Verdampfung sich vermindert, und es bildet sich kein Eis bei windigem Wetter, wo doch die Verdampfung am beträchtlichsten ist. Man nimmt daher aus demselben Grunde die Morgenfröste des Herbstes zuerst in geschützten, von allen Seiten eingeschlossenen Lagen wahr, wo die Abkühlung der Erdoberfläche durch Ausstrahlung am wenigsten durch die Bewegung der Luft gestört ist; es sind dieselben Orte, auf welche die Sonnenstrahlen während des Sommers die größte Wirkung äußern.

§ 58. Verschiedene Ursachen, welche oft in bedeutenden Höhen der Luft wirksam sind, haben die Bildung von Nebeln, Wolken und Regen zur Folge, in denen die atmosphärische Feuchtigkeit, indem sie die Luft trübt, wieder sichtbar wird. Zu diesen Ursachen gehören vorzüglich folgende:

1) das Aufsteigen der Luftströme in die Atmosphäre, welches Verdünnung der Luft zur Folge hat, die von Abkühlung begleitet ist (§ 55). Wenn daher z. B. Winde, denen ein Gebirg im Wege steht, an demselben aufsteigen, so erzeugen sich, während die Luftströmnng über das Gebirg geht, Nebel und Wolken, die auf dessen Gipfel zu ruhen scheinen. Man kann diese Ursache auch im Kleinen wirksam sehen. So bemerkt man eine Wolke unter der Glocke einer Luftpumpe, auf deren Teller man ein wenig Wasser

gesprengt hat, wenn man zwei bis drei rasche Züge mit der Pumpe thut; die Ursache ist keine andere als die erwähnte;

2) das Vermischen von entgegengesetzten Strömungen warmer und kalter Luft, welche beide mit Feuchtigkeit gesättigt sind, kann die Ursache von Wolken und Regen sein. Denn wenn sich diese Strömungen vermischen und eine mittlere Temperatur annehmen, so sind sie unfähig, die mittlere Quantität Wasserdampf in aufgelöstem Zustande zu halten. Wenn gleiche Volumina Luft von 12° und 4°, beide mit Wasserdampf gesättigt (§ 56), sich mit einander mengen, so beträgt die Elastizität des Dampfes, wie Versuche zeigen, bei der ersteren Temperatur 0,407 Zoll Quecksilber, und bei der letzteren 0,192 Zoll, die mittlere Elastizität würde also 0,299 Zoll betragen. Aber die Elastizität des Wasserdampfes bei 8°, d. i. bei der mittleren Temperatur der beiden Luftschichten, beträgt nur 0,282 Zoll, und es muß daher der Ueberschuß über die mittlere Temperatur, d. i. der Dampf von 0,017 Zoll Quecksilber verdichtet werden;

3) wirksamer zur Bildung von Wolken und Regen, als die zuletzt erwähnte Ursache, ist das Zusammentreffen der warmen Luftströme mit der kalten Oberfläche der Erde, welches die gewöhnlichste Ursache ihrer Abkühlung und der Niederschläge zu sein scheint. Ist nämlich die Temperatur = 0°, und steigt durch einen Südwestwind, der mit Wasserdampf gesättigt ist, das Thermometer auf 9°,6 so wird, wenn der Wind bis auf 0° abgekühlt wird, die Feuchtigkeit, welche er entlassen muß, sehr beträchtlich sein, wie folgende Berechnung zeigt:

Elastizität des Wasserdampfes bei	9°,6	= 0,330 Zoll
" " " bei	0°	= 0,128 "
verdichtet		= 0,202 Zoll.

Wenn durch eine der angeführten Ursachen die atmosphärische Feuchtigkeit zu Nebeln oder Wolken verwandelt wird, so ist der Vorgang hiebei ganz derselbe, den wir gewahren, wenn wir an einem Wintertage die warme, mit Feuchtigkeit gesättigte Luft der Lungen in die kalte Atmosphäre aushauchen und sofort Millionen mikroskopischer W a s s e r b l ä s c h e n aus derselben hervortreten, es ist derselbe, den wir wahrnehmen, wenn durch das geöffnete Ventil einer Locomotive der heiße Dampf ausströmt; zwar da wo er austritt, ist er vollkommen durchsichtig, aber in einiger Entfernung von der Oeffnung bildet sich die weiße Wolke der Wasserbläschen. Diese Wasserbläschen sind Kügelchen mit einer zarten Wasserhaut, welche die übrigen ausgesonderten Bestandtheile der Luft einschließt, ganz analog den Seifenblasen. Sie lassen sich in den aus heißem Wasser aufsteigenden Nebeln sehr gut mit bloßem Auge erkennen, besonders auf der Oberfläche einer schwarzen Auflösung, wie der Kaffee. Dieser sichtbare Dampf erscheint mit milchigem Schimmer, weil auf der feinen Wasser-

haut dieser Bläschen das Licht nicht blitzend, wie von einer soliden Wasserkugel, sondern in gedämpftem, milchigem Glanze zurückgeworfen wird. Auch Nebel und Wolken sind nichts anderes als Anhäufungen von vielen Millionen solcher Wasserhohlkügelchen oder Dunstbläschen, welche der Luft ihre Durchsichtigkeit nehmen, indem sie selbst sichtbar werden.

Was zuerst die Nebel betrifft, so sind dieselben eine an allen Orten und zu allen Jahreszeiten kürzer oder länger dauernde, mehr oder minder häufig wiederkehrende Erscheinung. Nebel, welche sich über dem Meere, den Landseen und Flüssen bilden, haben genau denselben Ursprung, und man hat sich durch direkte Versuche überzeugt, daß die Temperatur der Luft in dem Augenblicke der Bildung des Nebels immer niedriger ist, als die Temperatur des Wassers; über großen Gewässern entstehen sie nie, wenn nicht zwischen Luft und Wasser ein Temperaturunterschied von zwei bis drei und mehreren Graden Statt findet. Diese immer nothwendige Bedingung ist jedoch nicht immer hinreichend; denn ist die Luft trocken und sehr bewegt, so nimmt sie den Dampf mit sich fort und zerstreut denselben in dem Augenblicke, worin er sich bildet, ohne daß eine merkliche Verdichtung Statt findet; ist die Luft aber ruhig und schon feucht, so steigt der Dampf langsam auf und verdichtet sich fast ganz, was im Winter bei allen Quellen wirklich geschieht.

Weil das Wasser mehr Wärme enthält, als die Luft, die Wechsel der Temperaturen bei letzterer in nördlichen Gegenden stärker sind als in südlicheren, so müssen dort die Nebel häufiger sein, besonders wenn die Luft durch benachbarte Wassermassen mit Dampf gesättigt ist. Daher sind Küstengegenden wegen des herzuströmenden wärmeren Wassers fast unausgesetzt in dicke Nebel gehüllt, wie die Küsten von Kalifornien, der Hudsonsbai und Labrador u. a. m. Auf dem Meere zeigen die Polargegenden die Erscheinung der Nebel am häufigsten, weil die aus der See aufsteigenden relativ warmen Dünste in der kalten Polarluft sofort verdichtet werden. Sie liegen in vielen Fällen unbeweglich auf dem Meere, während die oberen Luftschichten vollkommen rein und heiter sind, und bilden dann die sogenannten Nebelbänke. Die häufigen Abend- und Herbstnebel entstehen daher, weil die während des Tages und Sommers erwärmte Erdfläche stärker ausdünstet, und die erkaltenden Luftschichten einen großen Theil dieser Dünste wieder fallen lassen.

Ziemlich oft werden Nebel unter anscheinend ganz anderen Umständen beobachtet. Wenn z. B. im Augenblicke des Gefrierens die Temperatur der Luft merklich höher ist als die des Wassers, so sieht man, daß sich über den Flüssen sehr dicke Nebel bilden, selbst wenn sie schon mit Eis bedeckt sind. Allein nur der Anschein hat sich geändert, die Ursache ist dieselbe geblieben. Denn in diesem Falle ist die warme Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, und wenn sie sich mit derjenigen mischt, welche durch die Berührung mit dem Eise

oder andern kalten Körpern abgekühlt worden ist, so wird ihr Wasserdampf verdichtet. Dieselbe Ursache liegt auch den Morgen- und Frühlingsnebeln, sowie denjenigen Nebeln zu Grunde, die sich im Sommer nach Gewitterregen über den Flüssen bilden. Die Luft ist nämlich wärmer als die Oberfläche des Wassers, aber sie ist mit Feuchtigkeit gesättigt, und sobald sie sich den Regionen nähert, wo sich die Kälte des Flusses fühlbar macht, muß sich ihr Dampf verdichten.

Es geschieht bisweilen, daß bei schon gebildetem Nebel die Luft schnell erwärmt, oder durch Winde trockene, also mehr ungesättigte Luft herbeigeführt wird; in diesem Falle zerrinnt der Nebel oder zertheilt sich, und hierin gibt sich auch das wesentliche Geheimniß alles Nebel- und Wolkenlebens kund. Denn wie aus flüssigem Wasser oder klarem Wasserdunst jeden Augenblick sich Millionen schimmernder Dampfbläschen entwickeln können, ebenso können sie sich wieder in Luft auflösen und spurlos verschwinden, oder auch unter begünstigenden Umständen zu flüssigem und krystallinisch festem Wasser zusammentreten. — Es gibt Nebel, welche riechen. Da aber die Nebel in der Regel aus reinem Wasserdampf bestehen, so rührt ihr Geruch von fremdartigen Bestandtheilen her, welche mit ihnen verbunden sind. Man hat auch dicke, schwarze Nebel beobachtet, aus denen während ihrer Dauer ein schwarzer Regen niederfiel. Die chemische Untersuchung erwies bei einem solchen Nebel, der sich im Jahr 1819 über mehrere Gegenden von Nordamerika verbreitete, daß die schwarze Substanz Ruß oder Kohlenstaub war, und von großen Waldbränden herbeigeführt wurde. — Eine eigene Art von Nebel bildet das sogenannte Rauchen der Berge bei regnerischem Wetter, das man sich aus einer eigenthümlichen Wärmeanziehung einzelner, wahrscheinlich sehr feuchter Stellen erklärt.

Eines anderen Ursprungs als der Nebel ist der Höhenrauch (Landrauch, Heerrauch), der mit dem bei Windstillen über großen Städten schwebenden Rauche große Aehnlichkeit hat. Die bedeutendsten Erscheinungen des Höhenrauchs beobachtete man im Zusammenhang mit vulkanischen Ereignissen; so fiel der vom Jahr 526 mit dem großen Erdbeben in Syrien, der von 1764 mit starkem Rauchen des Aetna, der von 1783 mit dem schrecklichen Toben der isländischen Vulkane zusammen; ebenso trat eine ähnliche Erscheinung in Persien nach dem Erdbeben ein, welches 1721 Tauris und Georgien heimsuchte. Einige Physiker haben den Höhenrauch als eine kosmische, andere als eine atmosphärische Erscheinung betrachtet, welche mit Gewittern zusammenhängen soll. Allein die Ursache scheint eine einfachere und jedenfalls unserer Erde angehörige zu sein, worauf schon das erwähnte Zusammenfallen mit vulkanischen Erscheinungen hindeutet. „Wenn man, sagt Muncke, die Richtung berücksichtigt, in welcher der Höhenrauch von 1783 mit Nordwind sich allmälig verbreitete, wenn man seine verschiedenen Wirkungen in Betrachtung

zieht, indem er in Kent bei einem Regen die Insekten der Bäume vertilgte, an einigen Orten das Kupfer angriff, Blätter vergilben machte und die frischen Farben der Kattune angriff, wenn man endlich im Allgemeinen bedenkt, welche Massen dichten Rauches und wie große Massen verflüchtigter mineralischer Substanzen aus Hochöfen und Hüttenwerken, desgleichen bei dem sogen. Moorbrennen in die Höhe steigen und durch die in verschiedenen Richtungen hinfließenden Luftströmungen weit verbreitet werden können, so kann man nicht wol umhin, diese natürlichen Ursachen als die eigentlich wirksamen anzunehmen."

§ 59. Man hält die Wolken für mehr oder weniger dicke Nebelmassen, welche in verschiedenen Höhen der Atmosphäre schweben, zuweilen unbeweglich sind, meistens aber durch Winde fortbewegt werden. Alle Nebel, welche sich an der Oberfläche an feuchten Orten, in Thälern, auf Hügeln oder mit Schnee bedeckten Bergen bilden, werden Wolken, wenn sie von den Winden fortgeführt und nicht zerstreut werden. Doch üben jedenfalls die Höhenverhältnisse auf die Struktur und die Gestalt der Wolken einen unverkennbaren Einfluß aus und lassen uns dieselben wie Gebilde besonderer Art erscheinen; ja es gibt Wolken, die sich in Formen zeigen, welche bloßen Nebeln nie eigen sind. Es gibt aber auch Wolken, die einen anderen Ursprung haben als aus Nebeln, indem sich dieselben direkt mitten in der Luft bilden, entweder dadurch, daß zwei feuchte, ungleich warme Winde zusammenstoßen, oder durch Verdichtung der Dämpfe, wenn sie in Regionen aufsteigen, welche zu kalt sind.

Es ist oben, § 58 gesagt worden, daß die Wolken wie die Nebel aus Millionen von Dunstbläschen bestehen, deren Dichtigkeit offenbar wegen des sie umschließenden wässerigen Häutchens größer ist als die der Luft, und es ist nicht leicht, zu erklären, wie sie dessen ungeachtet in der Luft schweben können. Gay-Lüssac meint, daß die während des Tages beständig von der Erde aufsteigenden warmen Luftströme einen beträchtlichen Einfluß auf das Steigen und Schweben der Wolken haben, und Fresnel nimmt an, daß die von den Wolken absorbirte Sonnenwärme gewissermaßen Montgolfieren daraus bildet, welche zu desto größeren Höhen emporsteigen, je beträchtlicher der Temperaturüberschuß ist. Wahrscheinlich wirken beide Ursachen zusammen, aber eine vollständige Erklärung ist gegenwärtig noch um so schwieriger, als über die wahre Konstitution der Wolken und über die Eigenschaften der Dämpfe, oder der verschiedenen Elemente, woraus sie bestehen, zu wenige Daten vorhanden sind.

Die verschiedenen Formen, welche die Wolken annehmen, sind von Luke Howard zuerst benannt worden. Er unterscheidet 3 einfache Formen und verschiedene Modifikationen derselben. Die drei Hauptformen heißen Stratus (Schichtwolke), Cumulus (Haufenwolke) und Cirrus (Federwolke).

Der Stratus wächst von unten herauf, denn er bildet sich aus Nebeln und all' den kriechenden Dünsten, welche gegen Abend die Thäler füllen und gegen Morgen verschwinden. Er erscheint als eine große, glatte, fortlaufende Wolkenschicht, die am schwersten, dichtesten, breitesten auf der unteren Grenze desjenigen Theiles der Atmosphäre schwimmt, welche man die Wolkenregion nennen kann. Häufig überzieht er den Himmel mit einer regelmäßigen grauen Decke, oder zeigt sich in einzelnen langen Bänken neben wolkenlosen Stellen des Himmels. Da diese Wolke insbesondere bei Nacht vorherrschend ist, so nennt man sie auch Nachtwolke.

Der Cumulus, welcher von oben in dichten konvexen oder konischen Haufen zunimmt, ist schon mehr erhoben, und erscheint in der dünnen Luft, in der er schwebt, wie aufgequollen; er bildet jene Wolkenköpfe und Wolkengebirge, die oft ein blendendes Silberlicht reflektiren, wie der Firn unserer Berge, weshalb so oft Fremde, die bei hellem Sonnenschein unsere Alpen zum ersten Mal erblicken, dieselben für Haufenwolken halten. Von dieser Wolke sagt Göthe: in ihr werde eigentlich der Konflikt bereitet, ob die obere Luft oder die Erde den Sieg erhalten soll, d. h. ob sie aufsteigen und sich vollends in den Cirrus verwandeln, oder ob sie sinken und zum Niederschlage des Wassers sich vorbereiten soll. Den Cumulus sieht man am schönsten bei beständigem Wetter nach Sonnenaufgang; alsdann bildet sich seine hemisphärische Gestalt vollständiger aus als bei veränderlichem, wo er wolliger und in Gestalt und Farbe selbst veränderlicher ist. Weil der Cumulus gegen Abend gewöhnlich aufhört, indem er sich in kleine Stücke, zuletzt in Dünste auflöst, so hat man ihn auch Tageswolke genannt.

Die dritte Wolkenform, der Cirrus, gehört durchaus den höchsten Räumen der Wolkenregion an. Diese Wolken sind jene wunderbaren und meistens ob ihrer großen Höhe glänzend weißen Wolkengebilde, welche bald gleich ausgezupfter Baumwolle, bald gleich riesenhaften und doch zartgebildeten Schwungfedern, und bald gleich Roßschweifen und Roßmähnen über weite, oft sehr viele Meilen betragende Strecken des Himmels, und in einer oft zuverlässig 2 bis 3 Meilen betragenden Höhe sich ausdehnen, dann aber vom Volke zuweilen mit dem Namen der Wetterbäume belegt werden. Bei aufmerksamer Beobachtung des Cirrus findet man eine beständige Veränderung seiner Gestalt und innere Unruhe seiner Substanz; jeder Theil scheint Leben zu haben und in Bewegung zu sein, während die ganze Masse kaum ihre Stelle verändert. Dieser Umstand und die Beobachtung, daß der Cirrus am häufigsten in der Lage der magnetischen Meridiane erscheint, gab Veranlassung, denselben mit den Phänomenen des Erdmagnetismus, namentlich der Polarlichter, in Kausalzusammenhang zu bringen.

In einem so beweglichen Fluidum, wie die Luft ist, bei ihrer mit der Höhe abnehmenden Wärme und Dichtigkeit, ist es unmöglich, daß die so eben

beschriebenen drei Hauptformen der Wolken nicht in einander übergehen. Unter begünstigenden Umständen bildet sich der Stratus zum Cumulus, dieser zum Cirrus aus, und umgekehrt kann der Cirrus zum Cumulus und dieser zum Stratus werden, in welchem Falle in der Regel Regen erfolgt. Diese Uebergänge von einer Hauptform in die andere bringen deren Modifikationen hervor. Dahin gehört:

Der Cirro-Cumulus, federige Haufenwolke, eine Menge zusammenhängender kleiner, rundlicher Wolken, entweder in dichter Ordnung, oder im Kontakte. Es gehören dahin auch diejenigen Wolken, die man bei uns Schäfchen nennt.

Der Cirro-Stratus, federige Schichtwolke, der sich im Verhältniß zu seiner horizontalen Ausbreitung durch seine Dünnheit auszeichnet. Er erscheint als ein horizontales, oder schwach geneigtes Blatt, das abwärts konkav oder wellenförmig ist, oder häufig in der Gestalt eines langen, glatten Strichs, der gegen die Enden keilförmig zuläuft. Ueberhaupt zeigt der Cirro-Stratus vielerlei Varietäten, unter welchen ich jenen großen und dünnen Wolkenschleier hervorhebe, welcher, besonders gegen die Nacht hin, einen großen Theil des Himmels deckt und Ursache eigener Lichtmeteore, nämlich der Höfe, der Nebensonnen und Nebenmonde wird.

Wenn diese zwei Modifikationen zwischen den drei Hauptwolkenformen liegen, so gibt es noch zwei andere Modifikationen, die von noch zusammengesetzterem Baue sind. Nämlich:

Cumulo-Stratus, gethürmte Haufenwolke, in welcher die Struktur des Cumulus mit der des Cirro-Stratus oder Cirro-Cumulus vermischt ist. Der Bildungsgang dieser Wolke ist im Allgemeinen folgender. Der vom Winde getriebene Cumulus scheint in seinem Fortgange aufgehalten zu werden, wird dicker und spreizt sich nach den Seiten aus, bis er in dunkeln und unregelmäßigen Hervorragungen über die Basis hangt. Dieser Wechsel findet oft in allen Cumuli Statt, die einander nahe sind; ihre Grundflächen vereinigen sich, während der Ueberbau abgesondert bleibt, und dem Ansehen nach eine Menge von Bergspitzen und Felsenmassen bildet. Die letzte Wolkenmodifikation Howards ist

der Nimbus oder die Regenwolke, Wolkenmassen, die aus Cumulus, Cirrus und Stratus gebildet sind und in großer Ausdehnung, z. B. bei Gewittern, aus ihrer Mitte starke Wasserniederschläge als Regengüsse zur Erde senden, und so, die große sich ergießende Stelle des Stratus mit einem Kranze von Cumuluswolken umgebend, heranziehen.

Wenn man die Konstitution der Wolken und das Medium bedenkt, in dem sie sich bilden und bewegen, sowie die Ursachen ihrer Entstehung, so begreift man leicht, daß im Obigen weder alle spezielle Arten enthalten, noch auch die genannten hinlänglich genau bezeichnet sein können. In den meisten

Fällen wird zu diesen eigenthümlichen Benennungen noch eine hinzugefügte Beschreibung nöthig sein, wenn eine individuelle Art genau erkannt werden soll. Im Grunde dürfte für die Meteorologie im Ganzen am wichtigsten sein, zu beobachten, wie viel von dem sichtbaren Theil des Himmels mit Wolken bedeckt und wie dick diese seien, ohne damit sagen zu wollen, daß Beobachtungen, wie man sie namentlich in Bergländern über die steten Uebergänge der Gestalten und die vielfältigen Umwandlungen einer Wolkengattung in die andere zu machen öftere Gelegenheit hat, für den Zweck einer Theorie des Wolkenlebens überflüssig seien. Eine Schilderung dieser Art gibt Carus in seinen Briefen über das Erdleben, die hier eine Stelle finden möge. „Ich werde es nie vergessen, schreibt er, wie an einem der heitersten Morgen, den ich im Jahr 1821 auf dem Rigi verlebte, alsbald, nachdem die Sonne etwas höher über den Horizont gestiegen war, die Nebel aus allen Schluchten und sonnenbeschienenen Matten der Bergwände hervorbrachen, höher und höher stiegen und allmälig in der mittleren Gegend der Wolkenregion zu schön beleuchteten Cumuluswolken sich sammelten, und wie dann diese Cumili von Stunde zu Stunde sich mehrten. Kaum war es Mittag geworden, als die gedrängten Cumuli gegen die untere Grenze der Wolkenregion herabzusinken begannen, so daß gegen Abend völlige Stratuswolken sich bildeten und zur Nacht und des folgenden Tages in starken Regen sich zur Erde entluden. Als am dritten Tage das Wetter jenseits des Gotthard sich aufklärte, war nun das umgekehrte Schauspiel gar reizend zu beobachten; denn kaum hatte die Frühsonne die graue Stratusdecke durchwärmt, so lockerte sie sich auch, zerriß allenthalben, die einzelnen Theile stiegen als Cumuluswolken auf und hingen hie und da glänzend an den Gletscherhörnern der Alpen, bis dann Nachmittags nun auch diese Cumuli in noch höheren Regionen sich verloren, in zartgefleckte langgezogene Cirruswolken sich verwandelten und endlich spurlos in das schönblaue Luftmeer oberhalb Italiens verschwanden."

Was die Höhe betrifft, in welcher die Wolken über der Erdoberfläche schweben, so geht schon aus dem Bisherigen hervor, daß dieselbe für die einzelnen Arten verschieden ist. In Tropenländern scheint dieselbe beträchtlicher zu sein als in höheren Breiten. Nach Humboldt beträgt im Allgemeinen die Höhe der niedrigsten Wolken 3690 Fuß, der höchsten 10000 bis 11000 Fuß, indes bemerkte er die kleinen Wolken, die man Schäfchen nennt, noch in mehr als 24000 F. Höhe, und Gay-Lüssac sah bei seinem aerostatischen Auffluge dieselben bei 21476 F. noch in beträchtlicher Höhe über sich. Ob es für die einzelnen Wolkenarten bestimmte Höhen gebe, ob dieselben während des Tages und Jahres gleich oder ungleich seien, nach welchen Gesetzen sich das Steigen oder Sinken richte, wenn eine Modifikation in die andere übergeht, — dies sind alles Fragen, deren Beantwortung, bei dem Mangel hinlänglich zahlreicher Daten, der Zukunft überlassen bleibt.

Die Ausdehnung der Wolken ist sehr verschieden, die Farbe weiß bis in's Schwarze, und oft durch Luftbrechung buntfarbig. Die Bewegung derselben ist sehr ungleich hinsichtlich der Geschwindigkeit, und zeigt im Allgemeinen die Richtung des Windes. Dem Scheine nach ist sie stets horizontal, aber es ist nothwendig, daß sie sich zuweilen tiefer herabsenken, ein andermal aber in die Höhe steigen. Befindet man sich in denselben, so gleichen sie mehr oder minder dicken Nebeln; von oben herab gesehen, wenn sie in Thälern namentlich als dicke Gewitterwolken gelagert sind, gleichen sie, von der Sonne beschienen, stark aufgelockerten und zusammenhängenden Flocken von Wolle oder Baumwolle, ihre wogende Oberfläche aber hat Aehnlichkeit mit dem wellenbedeckten Meere.

§ 60. Wenn die Temperatur einer Luftschicht um ein Geringes unter den Thaupunkt erniedrigt wird, so verdichtet sich der darin enthaltene Wasserdampf zu Nebeln und Wolken; wenn aber diese Erniedrigung bedeutend ist, so ziehen sich der Wasserdampf, oder die Bläschen der Wolken zu dichteren Massen zusammen, welche den Widerstand der Luft leicht überwinden und als Regentropfen oder Schneeflocken herabfallen. Die wirksamste Ursache, welche eine solche Erniedrigung der Temperatur und in Folge dieser Niederschläge herbeiführt, ist § 58 unter 3 genannt worden, sie beruht auf bekannten Grundsätzen und einer der ersten Meteorologen, Kämtz, hält sich durch sorgfältige Untersuchung aller bisher bekannt gewordenen Thatsachen für berechtigt, dieselbe als die richtige zu erklären. Sie kann Niederschläge in eingeschlossenen Räumen erzeugen. So hatte sich z. B., wie Jordan erzählt, — in dem Konzertsaal einer deutschen Hauptstadt die feine Welt sehr zahlreich versammelt, während draußen eine eisige Kälte herrschte. Der Saal war danach geheizt und durch die Ausdünstung der großen Menschenmasse reichlich mit Feuchtigkeit gesättigt. Es entstand eine solche Hitze, daß mehrere Damen ohnmächtig wurden. Die Fenster waren zugefroren und ließen sich nicht öffnen. Ein Offizier schlug einige Scheiben ein, und im Saale geschah etwas, was wie ein Wunder aussah und im Mittelalter leicht einen Heiligen mehr in den Himmel, oder einen Zauberer auf den Holzstoß hätte bringen können: es schneite, obgleich draußen kein Flöckchen fiel. Wo also warme und feuchte Luft sich mit kalter mengt, entsteht leicht ein Niederschlag, und dazu ist vorangehende Wolkenbildung nicht immmer nothwendig.

Es gibt daher Regen mit und ohne Wolken. Die letzteren sind schwache und feine Regen, welche zuweilen vom Himmel herabfallen, ohne daß irgend eine Wolke bemerkt wird. Die Erscheinung ist selten und zeigt sich in unseren Klimaten blos im Sommer, fast immer beim Untergang der Sonne, in Thälern, oder tief liegenden Ebenen in geringer Entfernung von Seen oder Flüssen; auch ist dieselbe nur bei großer Wärme sehr merklich, weil die Luft nur dann viele Dünste enthalten kann. Der Vorgang hiebei ist nach dem

Vorigen ganz einfach. Gesetzt, es sei gegen 5 oder 6 Uhr Nachmittags die Temperatur der Luft = 16° und die Elastizität des darin enthaltenen Wasserdampfes dieser Temperatur entsprechend, so sinkt die Temperatur desto mehr, je mehr sich die Sonne dem Horizonte nähert, ohne daß die Spannkraft des Wasserdampfes geändert wird. Wenn nun die Temperatur bis zu 12° oder 11° herabgesunken ist, so kann dieser Dampf nicht mehr ganz in der Luft existiren, weil er sonst eine Elastizität haben würde, welche größer wäre als die größte dieser Temperatur entsprechende Spannkraft. Er muß sich also zum Theil verdichten, und diese Verdichtung ist es, welche den Regen bei heiterem Himmel veranlaßt. Eben dahin gehört die verwandte Erscheinung, nach welcher man bei kaltem und ganz klarem Wetter, und am hohen Mittag kleine Eiskrystalle auf die Erde fallen sieht, welche kondensirte, gefrorene Dünste sind.

Die Niederschläge, die aus Wolken entstehen, treten unter verschiedenen Formen auf, am gewöhnlichsten als Regen und Schnee, seltener als Graupeln und Hagel. — Im Allgemeinen unterscheidet man Staubregen, Landregen, Strichregen und Platzregen, je nach dem man dabei auf die Feinheit, die Dauer und Erstreckung des Niederschlags, sowie auf dessen Stärke sieht. Es liegt in der Natur der Sache, daß die Tropfen in den kälteren Zeiten und Gegenden kleiner sind als in den wärmeren, wo sie bei großer Hitze und in den Tropengegenden fast 1 Zoll Dicke erreichen. Die Regen erstrecken sich ferner wegen des Fortziehens der Wolken mehr in die Länge als in die Breite, sind aber nicht selten sehr ausgedehnt und dauern wenige Minuten bis mehrere Stunden, jedoch selbst die anhaltendsten Landregen mit sehr seltenen Ausnahmen nicht länger als 36 bis 48 Stunden ohne Unterbrechung. Im Allgemeinen gilt als Regel, daß der Regen gegen den Aequator hin häufiger ist als gegen die Pole, und an den Seeküsten häufiger als im Inneren der Kontinente; denn die Menge des Niederschlags hängt überhaupt von der stärkeren oder geringeren Verdunstung ab, sowie von den Winden, indem Inseln und Küsten, deren herrschende Winde vom Meere herwehen, viele, Gegenden dagegen, deren herrschende Winde über trockene Landflächen hinstreichen, wenige Niederschläge haben. Zu den anhaltendsten und reichlichsten Regen gehören die periodischen in der Tropenzone. Das Regenwasser ist im Allgemeinen rein und enthält nur selten und nach anhaltender Dürre etwas Salpetersäure und salzsauren Kalk, häufiger dagegen Salzsäure und salzsaure Salze. Mit Frosch- und Blutregen u. dgl. verhält es sich ganz natürlich; denn das Regnen der Frösche beruht gewöhnlich darauf, daß nach einem auf anhaltende Dürre folgenden Regen diese Thiere in Menge hervorkriechen, und der Blutregen enthält mineralische Bestandtheile, welche, durch heftige Wirbelwinde emporgehoben oder in Folge anderer Ursachen in der Luft schwebend, mit dem Regen niedergeschlagen werden.

So fand z. B. in den beiden Calabrien und gleichzeitig in den Abruzzen ein Regen eines rothen Pulvers Statt, dessen chemische Analyse Kieselerde, Thonerde, Kalk, Chrom, Eisen und Kohlensäure als Bestandtheile ergab. Ebenso fallen nicht selten bedeutende Mengen von Staub und Asche, welche letztere zuweilen vulkanisch ist, aus der Atmosphäre herab. In der Nähe des grünen Vorgebirgs fällt oft, wie schon § 47 bemerkt wurde, ein Staubregen, der die Luft nebelartig trübt und welchem die Seefahrer zuweilen bis in 380 Seemeilen Entfernung von der afrikanischen Küste ausgesetzt sind. Ehrenberg hat entdeckt, daß derselbe Rest von 18 Arten kieselschaliger polygastrischer Thierchen enthält. Auch kleine Infusionsthiere können mit dem Regen niederfallen, und wenn zwar die Existenz von sogenannten Meteor-Infusorien mehr als zweifelhaft ist, so darf doch die Möglichkeit nicht geläugnet werden, daß kleine Infusionsthiere, wie Fichtenblüthenstaub, der jährlich aus der Atmosphäre herabfällt, mit dem Wasserdampf passiv gehoben und eine Zeit lang in den Luftschichten schweben können. Manche dieser Thierchen besitzen zudem eine wunderbare Ausdauer des Lebens; trotz einer 28tägigen Austrocknung im luftleeren Raume und einer Erhitzung von 96° wurde die Wiedererweckung aus dem Scheintode beobachtet. — Ueber die Bildung des Schnees hat Capitän Scoresby in den Polarregionen eine Menge interessanter Beobachtungen angestellt. Wenn es nun gleich noch nicht entschieden ist, ob die Wolken, aus denen der Schnee entsteht, aus bläschenförmigen Dünsten, oder schon aus Eistheilchen bestehen, ob sich die Schneeflocken direkt bilden, oder wahrscheinlich erst während ihres Falles durch die unteren Luftschichten so groß werden, so scheint doch gewiß zu sein, daß der Schnee aus Wasserkriställchen besteht, die sich mannigfaltig über einander legen, und dadurch die vielfach gestalteten Flocken bilden, an denen die Krystallform der in Winkeln von 60° vereinigten Nadeln sichtbar bleibt. Bei gelindem Winterwetter sind die Flocken auffallend groß, und ihre Menge ist nach Gegenden und Jahren sehr verschieden. Wie die Regenmenge mit der Annäherung an den Aequator zunimmt, so die Menge des Schnees gegen die Polarregion hin. In den tropischen Anden fällt Schnee in 12600 F. Höhe 2 bis 3 Zoll hoch und bleibt zuweilen 5 bis 6 Wochen liegen. Im nördlichen Finmarken fällt dagegen so viel Schnee, daß er über den ersten Stock der Häuser hinausragt und nicht vor Johanni schmilzt. In Lappland fand man einen Zweig von 1,5 Lin. Dicke mit einem Schneekamme von 9 Zoll Höhe überdeckt. In den höheren Thälern der Alpen ist ein 5 bis 8 Fuß hoher Schnee nichts Seltenes, und in Newyork fiel im J. 1741 so viel Schnee, daß er die Erde 16 F. hoch bedeckte. In Norwegen ist bei milder Temperatur das Fallen des Schnees oft mit unglaublich heftigen Stürmen verbunden, welche die Wanderer auf der Straße zurückdrängen und sie hindern, ihre Wohnungen zu finden. In Kielvig herrscht oft ein Schneenebel, welcher so fein ist,

daß er in die innersten Gemächer dringt und die Personen im Bette bereift. Diesem gleicht die Plage der Nordländer, der Staubschnee, welcher bei heftiger Kälte entsteht, durch die feinsten Risse der Fenster dringt, für die Augen sehr angreifend ist und in solcher Menge fällt, daß er das Gehen wie in tiefem Sande fast unmöglich macht. Der feinste Schnee ist zugleich der lockerste und gibt beim Aufthauen am wenigsten Wasser; überhaupt geben nach den Einen 5 bis 6 Zoll, nach Anderen 12 und sogar 24 Zoll Schnee nur 1 Zoll Wasser, so daß man also bei hohem, wenig kompaktem Schnee nur geringe Ueberschwemmungen zu fürchten hat. Die Farbe des Schnees ist beim Fallen blendend weiß, weil seine feinen Nadeln viel Licht allseitig und unverändert reflektiren; doch findet man in der Polarregion, in den Pyrenäen, in den Alpen und hier nie über 8800 — 8900 F. Höhe, Stellen, welche schön roth gefärbt sind. In den Alpen zeigen sich diese Flecken bald rosenfarbig, bald blutroth. Die rothe, färbende Masse liegt in den Zwischenräumen der Firnkörner, das Gefärbte dringt bis zu einigen Zollen, zuweilen selbst bis zu einem Fuß Tiefe in den Schnee. Bringt man eine hinreichende Menge des gefärbten Firns zum Aufthauen in ein Gefäß, so setzt sich der färbende Stoff während etwa 3 Stunden nach und nach in Form eines dunkelrothen Pulvers auf dem Grund und an den Wänden des Gefäßes ab. Wenn man dann mit einem starken Vergrößerungsglas das dunkelrothe Pulver untersucht, so erblickt man die verschiedensten Gestaltungen und Formen, theils Pflanzeu, theils Thiere in lebhaftester Bewegung. Größtentheils sind sie schön hellroth, bald mit einem Stich in's Karmin- oder Blutroth, bald dunkelbraunroth und fast undurchsichtig. Außer den gefärbten Formen finden sich auch andere, ungefärbte oder grauliche Gestalten. Die Thierchen (Infusorien) sind so außerordentlich empfindlich gegen die Wärme, daß diese, wenn sie einige Grade über Null erhoben wird, sie tödtet; wenn daher der Firn im Gefäße ganz geschmolzen ist, so zeigt das Vergrößerungsglas, daß alles Leben erstorben ist. — Die Graupeln, in unseren Klimaten meistens im März und April vorkommend, haben im Wesentlichen denselben Ursprung, wie der gewöhnliche Schnee; sie sind gefrorenes Wasser, oder kleine zusammenhängende durcheinanderliegende Eisnadeln, welche zuweilen mit einer wirklich durchsichtigen Eisschicht umgebene Bälle bilden. Die Ursachen des Graupenschnees sind wahrscheinlich dieselben, die den räthselhaften Prozeß der Hagelbildung bewirken. Das Glatteis ist Regen, welcher gefriert, indem er den Boden berührt; die Luft muß also so warm sein, daß es regnen kann, und der Boden so kalt, daß dieser Regen, sobald er auf die Erde gefallen ist, gefriert, und alsdann nicht nur die Erde, sondern auch Pflanzen, Bäume und alle übrigen Gegenstände mit einer Schicht von gleichförmigem, dünnem und durchsichtigem Eise überzieht. — Der Hagel besteht aus Eiskörnern von verschiedener Größe; die kleinsten erreichen oft nicht einmal die Größe einer

kleinen Haselnuß, während andere von der Größe von 3 bis 4 Zoll Durchmesser gefunden worden sind und 9 bis 13 Unzen wogen. Im Allgemeinen sind die Hagelkörner abgerundet, zuweilen abgeplattet, und oft eckig, oder bieten an ihrer Oberfläche merkwürdige Erhöhungen und Vertiefungen dar. Die Mitte derselben besteht aus einem undurchsichtigen Kern, der Aehnlichkeit mit dem Graupenschnee hat, und von einer mehr oder weniger dicken und ziemlich durchsichtigen gefrorenen Masse umgeben ist. Zuweilen zeigt diese Masse mehrere Abwechselungen durchsichtiger und undurchsichtiger Schichten, oder eine vom Mittelpunkte ausgehende strahlige Textur. Untersuchungen über die Temperatur des Hagels in dem Augenblicke, wo er herabfällt, ergaben — 0°,5 — 1° und — 3°. Gewöhnlich geht der Hagel vor dem Gewitterregen her, und zuweilen begleitet er denselben auch, folgt aber fast niemals darauf, besonders wenn dieser Regen länger anhält. Auch fällt er nur während einer kurzen Zeit von einigen Minuten und selten von einer Viertelstunde, und gewöhnlicher bei Tag als bei Nacht. Die Wolken, aus denen der Hagel fällt, verbreiten im Allgemeinen eine große Dunkelheit, sie müssen daher eine beträchtliche Ausdehnung und Tiefe haben; nicht selten sind sie grau oder röthlich gefärbt, haben an ihrem Rande viele Risse und auf ihrer inneren Oberfläche bedeutende Erhöhungen. Es ist bis jetzt, so viel ich weiß, nicht gegen alle Einrede ausgemacht, welche Höhe man den Hagelwolken beizulegen habe; gewiß jedoch ist, daß dieselbe verschieden ist. Manche Physiker schätzen sie auf 3000'; doch sah ich im J. 1825 im Juli auf Rigi-Staffel Nachmittags gegen 4 Uhr plötzlich über demjenigen Theile des Vierwaldstättersee's, an welchem der Flecken Küßnacht liegt, sich eine Wolke bilden, deren Brausen mir den Niederschlag von Hagel verkündete. Ein heftiger Wind erhob sich, trieb die Wolke den Bergabhang hinan, und nach wenigen Minuten entleerte sich dieselbe über Staffel und Culm, so daß die Bergwiesen in kurzer Zeit wie mit Schnee bedeckt lagen. Die Wolke hatte sich also jedenfalls bis zu einer Höhe von 6000 F. erhoben, die Höhe des Rigi-Kulm zu 5550 F. angenommen. Der Hagel ist ferner meistens von elektrischen Erscheinungen begleitet und man hört den Donner entweder vor dem Brausen oder gleichzeitig mit demselben. Auf sehr hohen Bergen und in hochgelegenen Gebirgsländern hagelt es selten, und ebenso sind die Hagelwetter seltener bei Nacht als bei Tag. Es ist hier nicht der Ort, die Unglücksfälle und Verheerungen zu beschreiben, welche der Hagel anrichtet; aber außerordentlich ist die Quantität Eis, welche in so kurzer Zeit aus den Wolken herabfällt und zuweilen die Erde mit einer Eisschicht von mehreren Zoll Dicke bedeckt, und zwar manchmal auf mehrere Stunden Länge und ½ bis 1 Stunde und mehr Breite. Am 13. Juli 1788 richtete ein Hagelwetter auf einer Erstreckung von 200 franz. Meilen Länge und 3 bis 7½ franz. Meilen Breite in Frankreich und Holland Verheerungen an, deren Schaden

in den franz. Kirchspielen auf 24.690000 Frkn. geschätzt wurde. Solche verheerende Wirkungen übt der Hagel einzig vermöge seines Gewichtes und des von dem Winde erhaltenen Stoßes aus, indem sonst kein anderer Impuls auf ihn zu wirken scheint. — Die Erklärung der Hagelwetter gehört zu den schwierigsten Problemen der Meteorologie, dessen Lösung von der richtigen Beantwortung der Fragen abhängt, wie erstlich die Kälte entstehe, die das Eis der Hagelkörner erzeugt, und wie zweitens ein Hagelkorn, das ein hinreichendes Volumen erreicht hat, um durch sein Gewicht herabzufallen, doch noch während der ganzen Zeit in der Luft erhalten wird, innerhalb welcher sich sein Volumen von 10 bis 15 Zoll im Umfange vergrößert. Volta beantwortete die erste Frage dadurch, daß er annahm, die auf die obere Fläche einer sehr dicken Wolke fallenden Sonnenstrahlen würden fast ganz absorbirt, dadurch eine schnelle Verdunstung (§ 56), durch diese eine hinreichend starke Kälte (§ 55) und dadurch das Gefrieren des Wassers bewirkt. Hiegegen ist aber eingewendet worden, daß die Verdunstung durch mitgetheilte Wärme nur insoweit beschleunigt werden könne, als die Temperatur des Wassers steigt, daß also eine Flüssigkeit nicht zugleich mehr Wärme erhalten und sich ohne eine andere Ursache durch diese Wärme selbst auch mehr abkühlen könne. Andere ließen die Kälte durch Winde hervorgebracht werden. Es gibt allerdings Winde, die von einer Temperaturabnahme begleitet sind und erfahrungsgemäß auf der Erde eine Abkühlung im Betrag von 12° bewirken können, die in höheren Regionen der Atmosphäre ohne Zweifel noch beträchtlicher ist. Es ist aber noch unausgemacht, ob die Winde, welche die Hagelwolken mit sich führen, zu dieser Klasse der Winde gehören, und da über diesen Punkt die Beobachtungen noch nicht zahlreich genug sind, so ist die Schwierigkeit, welche die erste Frage verursacht, noch nicht gehoben. Zur Erklärung, daß die Hagelkörner noch längere Zeit in der Luft schweben, bevor sie herabfallen, stellte Volta eine Hypothese auf, die sich auf die Erscheinungen der Elektrizität stützt. Der elektrischen Flüssigkeit kommt nämlich eine allgemeine Verbreitung auf unserem Erdball zu, wird aber unmittelbar nicht wahrgenommen, so lange die um und neben einander befindlichen Körper sich in dem nämlichen Zustande der elektrischen Sättigung befinden, d. h. so lange sie alle entweder positiv oder negativ elektrisch sind. Wenn aber von zwei Körpern der eine negative, der andere positive Elektrizität besitzt, so treten sogleich elektrische Erscheinungen ein, wohin z. B. das Anziehen und Abstoßen leicht beweglicher Körper gehört, indem ein solcher Körper, wenn er negativ elektrisch ist, von einem positiv elektrischen angezogen und, wenn er dessen Elektrizität angenommen hat, abgestoßen, worauf er von einem negativ elektrischen Körper dagegen wieder angezogen wird u. s. f. Volta nimmt nun an, daß, wenn sich der Kern der Hagelkörner gebildet habe, zwei Wolken von entgegengesetzter Elektrizität über einander treten. Die Hagelkörner sollen hierauf

in die untere Wolke herabfallen, und dort, weil die Temperatur sehr niedrig sei, sich mit einer neuen Eisschicht überziehen, dann sollen sie sich mit der Elektrizität dieser Wolke laden, von ihr abgestoßen und von der oberen angezogen werden. Auf diese Weise gelangen sie, der Wirkung ihres eigenen Gewichtes entgegen, wieder in die obere Wolke, wo ihnen dasselbe widerfährt, was vorhin in der unteren Wolke, so daß sie wieder in die untere Wolke herabfallen und von dieser abermals gegen die obere abgestoßen werden u. s. f., bis sie, entweder weil sie zu schwer werden, oder die beiden Wolken ihre Elektrizität verlieren, oder vom Winde in zu große Entfernungen fortbewegt werden, in Masse und plötzlich herabfallen. Gegen diese Hypothese, die nach ihrer Bekanntwerdung eine große Berühmtheit erlangte, sind Einwürfe von bedeutendem Gewichte gemacht worden, von denen die wichtigsten hier zu erwähnen sind. Man begreift nämlich nicht gut, warum die beiden Wolken, die bei ihrer großen elektrischen Spannung einander die Hagelkörner entgegenschleudern, durch gegenseitige Anziehung nicht vielmehr selber zusammenfallen, indem ihre Entfernung von einander nur gering sein kann. Es ist ferner unbegreiflich, wie so schwere Eisklumpen, die von der oberen Wolke zurückgestoßen und von der unteren angezogen werden, mithin in Folge der Einwirkung dreier Kräfte mit ungewöhnlich beschleunigter Geschwindigkeit herabfallen, die untere Wolke nicht vor Erreichung ihrer vollen Größe durchbrechen sollten. Wenn ferner die beiden Wolken so stark elektrisirt sind, wie sie es sein müssen, um Massen vom Gewichte eines halben Pfundes zu heben, und wenn sich die Hagelkörner zwischen den beiden Wolken hin- und herbewegen, wie geht es zu, daß die Elektrizität der einen Wolke nicht plötzlich in die andere überströmt und dadurch beide Wolken ihren elektrischen Zustand ausgleichen, da ja doch die Hagelkörner zwischen ihnen eine Art von Kommunikationskette bilden? Und kann endlich nicht angenommen werden, daß die Erde eine der unteren Wolke entgegengesetzte Elektrizität habe, so daß das Ballspiel der Hagelkörner auch zwischen ihr und der Wolke wahrgenommen werden müßte? Zu allem dem kommt, daß die Voraussetzung von zwei über einander tretender Wolken bestritten wird; und in der That bemerkte ich bei dem Hagelwetter, das ich im J. 1825 von seinem Beginn an zu beobachten Gelegenheit hatte, nicht das Mindeste von zwei über einander schwebenden Wolken; über mir war blauer Himmel, als sich die Seefläche unter mir plötzlich mit einer grauen Nebelschicht überzog, die sich in Hagel entleerte und nach wenigen Minuten durch den Wind gehoben wurde. Alle diese Einwürfe machen die Volta'sche Hypothese sehr zweifelhaft, und man hat sich daher nach einer anderen umgesehen. Man nimmt nämlich an, daß, wenn die Abkühlung durch den Wind bewirkt wird, es auch die Kraft des Windes sei, welche die Hagelkörner in horizontaler, oder wenigstens sehr schiefer Richtung in der Atmosphäre fortbewege, so daß sie 15 bis 20 Meilen durchlaufen und

nicht sehr in der Luft zu schweben brauchen, um das enorme Volumen zu bekommen, das sie zuweilen haben. Nach dieser Hypothese wäre es also dieselbe Ursache, welche die Bildung und die Vergrößerung des Hagels bewirkte, und die Elektrizität, welche die Hagelwetter immer begleitet, wäre Wirkung und nicht Ursache. Allein auch diese Annahme ist noch nicht durch hinreichende und gute Beobachtungen unterstützt, eben so wenig, als diejenige, nach welcher die zur Hagelbildung erforderliche Kälte von der Verdunstung des Wassers hergeleitet wird, die eine Folge entweder der Luftverdünnung und Trockenheit der höheren Regionen, oder der Wärmestrahlung sein soll. Ueberdies ist die zuletzt genannte Hypothese nicht einmal frei von Widersprüchen. Obgleich nämlich durch Dampfbildung eine große Menge Wärme gebunden, durch Eisbildung aber eine ungleich geringere Menge frei wird, so ist doch die Luftverdünnung in den Regionen der Hagelbildung keineswegs so stark, daß solche Eismassen, als sich in den Hagelkörnern zeigen, plötzlich entstehen könnten, da es stets eine geraume Zeit dauert, bis sie im stärksten Vacuo der Luftpumpen über Schwefelsäure erzeugt werden; auch kann die Luft unmöglich so begierig den Dampf von den schon gebildeten Wassertropfen aufnehmen, als zur Hagelbildung erforderlich wäre, weil es offenbar ein Widerspruch in sich schließt, diese Aufnahme zuerst so geringe zu setzen, daß sie Wassertropfen in den Wolken bilden, die sich doch nothwendig sogleich herabsenken müßten, und dann sofort so bedeutend, daß die Verdampfung der schon vorhandenen Tropfen zur Verwandlung in Eis genügte. Muncke, dem Kämtz im Wesentlichen beistimmt, äußert über die Hagelbildung folgende Ansicht. Ihm scheint der ganze Prozeß in dem gerade in den heißesten Sommertagen Statt findenden Aufsteigen der mit Wasserdampf überladenen Luftschichten zu liegen, welche aber bei der den Hagelwettern vorangehenden Windstille durch ihr geringes spezif. Gewicht bis zu Höhen gelangen können, wo ihre Vermengung mit der umgebenden, tief unter dem Gefrierpunkt kalten, Luft nicht blos Niederschläge erzeugt, sondern auch ein tieferes Herabsinken oder vielmehr Herabströmen eben jener höchst kalten Luftschichten veranlaßt. Wie hoch solche Luftmassen aufsteigen mögen, ohne wegen ihrer schlechten Wärmeleitung zu erkalten und ihre spezif. Leichtigkeit zu verlieren, scheint Muncke kaum bestimmbar, ihre Anwesenheit in größeren Höhen geht ihm aber aus Beobachtungen über die Strahlenbrechung unwidersprechlich hervor; auch nimmt man wirklich in einem schwarzen Glasspiegel um das Sonnenbild, selbst bei blos milchiger Atmosphäre kleine Höfe wahr, welche die Anwesenheit kleiner Eistheilchen in der oberen Atmosphäre beweisen. Das Nachsinken der kalten Luftschichten aber kündigt sich durch das tiefe Fallen des Barometers während der Hagelbildung, sowie die derselben folgende und meistens anhaltende unglaublich starke Verminderung der Temperatur an. Diese Hypothese empfiehlt sich unstreitig durch ihre Einfachheit

und es stehen mit ihr auch die Beobachtungen im Einklang, daß zuweilen die herabfallenden Körner heterogene Substanzen enthalten, wie Sand, vulkanische Asche und Schwefelkies-Oktaeder; doch scheint auch sie nicht auf alle Fälle anwendbar zu sein und das Dunkel, in welchem dieses Phänomen liegt, ganz zu erhellen.

§ 61. Die Verbreitung der Niederschläge, insofern sie von der geographischen Breite abhängt, gibt die wahren Haupt-Klimate der Erde, deren man im Allgemeinen drei unterscheidet.

1) die Zone des Regens, wo es niemals schneit und die Niederschläge nur in der Form des Regens herabkommen. Die nördliche Polargrenze dieser Region schneidet die Ostküsten Amerikas unter 35° n. Br., die Westküsten unter 40°, trifft diesseits des atlantischen Ozeans die Nordküsten von Spanien, das Rhonethal unter 45°, umsäumt die Westküsten von Italien, schneidet den Süden desselben so wie Griechenlands, berührt die Westküsten Asiens unter 40°, die östlichen unter 35° n. Br. Die südliche Polargrenze geht durch das südliche Ende Amerika's unter 48° s. Br. und folgt dann dem 46sten Breitegrad. Die Regenzone zerfällt in zwei Unterabtheilungen, in die Zone mit tropischem und die mit subtropischem Klima.

a. Die Zone mit tropischem Klima erstreckt sich vom südlichen Wendekreis bis zum 30° n. Br. Mehrere Monate, in den meisten Gegenden über ein halbes Jahr lang ist der Himmel klar, heiter, wolkenlos und ein Tag dem anderen gleich. Zu der Zeit aber, wann durch den senkrechten Stand der Sonne am meisten Dampf erzeugt wird, bemerkt man ein leichtes Gewölk am Horizont, welches sich kurz vor Sonnenuntergang zeigt. Täglich stärker werdend, steigt es immer höher über den Horizont empor, einzelne Blitze leuchten aus demselben, bis es sich endlich in einem großtropfigen, heftigen Gewitterregen entladet, der von nun an fast täglich fällt, und zwar gewöhnlich Nachmittags um dieselbe Stunde, so daß die Bewohner jener Länder, wo diese Regelmäßigkeit Statt findet, sich in ihren Geschäften und ihrer Lebensweise genau darnach richten. Nach Verlauf einiger Monate verliert sich die ganze Erscheinung, wie sie gekommen war. Diese periodischen Regen fallen, wie bemerkt wurde, um die Jahreszeit, wann die Sonne am höchsten steht, und da dies zwischen den Wendekreisen zweimal im Jahre geschieht, so können da, wo diese Maxima der Sonnenhöhe nicht zu nahe an einander fallen, auch zwei Regenzeiten eintreten. Die meisten tropischen Gegenden haben daher entweder nur eine, oder doch eine Haupt- und eine sogenannte kleine Regenzeit, und die zwei kurzen Regenperioden finden um die Zeit der Aequinoktien in der Nähe des Aequators Statt. Für die Gegenden mit einer Regenperiode dauert dieselbe nördlich vom Aequator von der Mitte Mai bis Oktober, südlich von ihm vom November bis April; für die einzelnen Orte beträgt die Zeit der Regenperiode 2 bis 3 Monate.

b. Die Zone mit subtropischem Klima liegt nördlich und südlich von der vorigen. Sie hat zwar schon einen Wechsel von vier Jahreszeiten, allein der Sommer ist hier noch eine vollkommene Trockenheit, der Winter eine Wiederholung des Sommers mit geringerer Wärme und einer an den einzelnen Orten verschiedenen Regenzeit.

2) die nördliche und südliche Zone des veränderlichen Niederschlags, in welchen es bald regnet, bald schneit. Die Polargrenze der ersteren berührt die Behringsstraße, der Mackenziemündung gegenüber den 73° n. Br., trifft das Cap Wostenholm, die Westküste Grönlands unter 68°, die Ostküste unter 70° n. Br., liegt dem europäischen Nordkap gegenüber unter 74°, an den Nordküsten Asiens abwechselnd 70° und 69° n. Br. Die südliche Zone hat ihre Polargrenze dem Cap Hoorn gegenüber unter 66° s. Br., im Süden Afrikas und Australiens unter 60°, erreicht in der Mitte des indischen Ozeans den 55°, im Westen von Amerika den 56° s. Breite. In diesen beiden Zonen zeigt sich eine regelmäßige Folge der vier Jahreszeiten und unregelmäßige, über das ganze Jahr vertheilte Niederschläge, indem die unregelmäßigen Winde bald trockene, bald feuchte Luftschichten herwehen. In dem Maße, wie der Gegensatz zwischen Sommer und Winter sich bemerklich macht, verschwindet der zwischen trockener und Regenzeit der tropischen Zone; es fallen dann im Gegentheil die meisten Regen im Herbst und Winter, während das Frühjahr keine und der Sommer fast gar keinen Regen zeigt. Weiter nach den Polen hin zeigt sich am meisten Regen im Herbst und Frühling, wogegen der Winter den Schnee, der Sommer wenig Regen hat. Endlich in noch höheren Breiten (im nördlichen Deutschland) rücken die zwei Maxima des Regens einander näher und bilden in den Monaten Juli und August ein Maximum des Regens, während im Winter reichlicher Schneefall ist. Es versteht sich übrigens von selbst, daß hierin bedeutende lokale Verschiedenheiten Statt finden, besonders je nach dem ein Ort ozeanisches oder kontinentales Klima hat;

3) die nördliche und südliche Zone des ewigen Schnees, in welchen es niemals regnet, sondern nur schneit, und der Himmel den größten Theil des Jahres mit Wolken bedeckt ist. Die Niederschläge erfolgen beständig, allein langsam und ohne Heftigkeit, gewöhnlich als Schnee oder Reif. Um die Zeit der Solstitien beginnt der kurze Polarsommer, in welchem die Mittagssonne den Himmel entschleiert und dieser sich mit einem lebhaften Blau färbt. Im Juli pflegt die Luft am heitersten zu sein; in der übrigen Zeit zeigt sich dicker Nebel und starker Schneefall.

Sieht man nicht bloß auf die geographische Breite sondern zugleich auf die absolute Höhe, so erhält man die Regionen, von denen die des Regens den untersten Theilen der in der Tropenzone liegenden Gebirge eigen ist; die Region der veränderlichen Niederschläge liegt dagegen zum Theil in der

Tropenzone und in den beiden Zonen des veränderlichen Niederschlags, während daß die Region des ewigen Schnees durch alle fünf Niederschlagszonen reicht.

§. 62. Die Regenmenge wird bestimmt, indem man den erfolgten Niederschlag in einem Gefäß von einem gewissen Umfang aufsammelt und die Höhe desselben entweder gleich nach jedem Regengusse mißt, um nicht durch Verdunstung von der gefallenen Menge einzubüßen, oder man stellt diese Messung ein oder mehreremale im Laufe eines Regentages an. Aber auch die Zahl der Regentage gibt einen Maßstab zur Beurtheilung der Regenverhältnisse; und so zeigt es sich, daß, wenn auch das Quantum des Regens, welches zwischen den Tropen fällt, größer ist als die Regenmenge in den gemäßigten Zonen, die Zahl der Regentage wächst, je weiter man sich vom Aequator entfernt.

Die Masse des jährlichen Regens würde, wenn sie weder verdunstete noch abflösse, die Oberfläche der Erde etwa 28 bis 30 Zoll hoch bedecken. „Setzt man, sagt Mädler, die durchschnittliche Tiefe der Meere 4000 Fuß und nimmt die Oberfläche desselben 0,73 der Erdoberfläche an, so folgt, daß erst im Laufe von 12 ½ Jahrhunderten eine der Gesammtmasse des Meeres gleiche Quantität Wasser als Regen niederfällt.“ Obige 28 bis 30 Zoll sind aber höchst ungleich vertheilt; in Westindien fallen jährlich 100 — 120 Zoll Regen an einem Punkte Hindostans sogar 300 Zoll, in anderen Ländern dagegen erreicht die Regenmenge blos 2 — 3 Zoll und sinkt innerhalb der Tropen, z. B. in einigen Gegenden Nubiens auf Null herab. In England beträgt sie durchschnittlich 25 Zoll, in Frankreich ungefähr gleich viel, freilich an einzelnen Orten blos 17, an andren dagegen 31 Zoll. In Deutschland ist das Maximum zu Tegernsee 43, das Minimum zu Erfurt 12 Zoll jährlich. Für Zürich hat man 32 Zoll gefunden. Am Südfuß der Alpen beträgt die jährliche Regenmenge 30 bis 40 Zoll, nimmt in der lombardischen Ebene gegen Süden so sehr ab, daß sie am nördlichen Fuß der Apenninen kaum die Hälfte beträgt. Unmittelbar am südlichen Abhange der letzteren Gebirge ist sie wieder sehr bedeutend und nimmt dann abermals gegen Süden ab, so daß sie in Palermo nur etwa 21 Zoll beträgt. Diese Unterschiede rühren ohne Zweifel von den warmen, aus Süden kommenden und mit Wasserdampf überladenen Luftmassen her, welche am Südabhang der Apenninen und Alpen sich ihrer Feuchtigkeit größtentheils entladen, und es ist aus diesem Grunde daher auch nichts Seltenes, daß es z. B. im Herbst im Veltlin stark und anhaltend regnet, im Winter schneit, während im größeren Theile von Bündten der Himmel heiter ist. Man kann Europa überhaupt in Beziehung auf die Regenverhältnisse im Ganzen in zwei Provinzen eintheilen, in die südliche, wo Herbst- und Winterregen, und in die mittlere, wo Sommerregen vorherrschen, und diese Provinz erstreckt sich, mit einer

kurzen Unterbrechung im mittleren Rußland, weit in das Innere von Nord-Asien. — Ueber die Regenverhältnisse in den anderen Erdtheilen fehlt es zum Theil an genügenden Beobachtungen, und ich kann mich daher schließlich um so eher auf die Anführung einzelner merkwürdiger Thatsachen beschränken. Zu Bombay sind in einem einzigen Tage 6 Zoll, zu Cajenne in 10 Stunden mehr als 10 Zoll Regen gefallen, und am Cap Hoorn betrug die Regenmenge in 41 Tagen nicht weniger als 12 Fuß 6 Zoll englisch Maß. Ueberhaupt zeigt die Südspitze Amerikas ein außerordentlich regenreiches Klima; Nebel sind an der Küste von Feuerland sehr selten, dafür herrscht aber ewig trübes Regenwetter, das nur ungemein selten von einem matten Sonnenstrahle unterbrochen wird; am meisten regnet es während der langen Tage, und einigermaßen helles Wetter zeigt sich nur in den kurzen Tagen.

§ 63. Mit den Temperaturunterschieden in der Atmosphäre hängt das Phänomen der Winde zusammen, unter welchem Namen man alle Bewegungen der Luft von dem geringsten Luftzuge bis zu den gewaltsamsten, Alles verheerenden Strömungen befaßt. Folgende Beispiele können dazu dienen, uns die Entstehung der Winde zu veranschaulichen. Wenn nicht schon beim Entstehen einer Feuersbrunst ein etwas starker Wind weht, so erhebt sich ein solcher während ihrer Dauer und meistens mit zunehmender Stärke, auch ändert er zuweilen seine Richtung. Durch das Verbrennen großer Massen von Holz, bei der Ausrottung von Urwäldern, sind furchtbare Wirbelwinde erzeugt worden, indem rund umher die Luft nach der brennenden Mitte hinströmte. Bei dem großen Waldbrande, welcher im Herbst 1825 eine Strecke von 140 engl. Meilen Länge und 70 Meilen Breite zu Miriamachi in Neubraunschweig zerstörte, brannte das Feuer einige Tage ruhig, dann aber erhob sich plötzlich ein heftiger Nordwind, welcher dasselbe so schnell vor sich hertrieb, daß die beiden Städte Douglas und New-Castle gänzlich verzehrt wurden. Im April 1783 beobachtete man das Feuer einer großen Masse angehäuften trockenen Holzes. Der Flammenkegel, von einer breiten Basis ausgehend, erhob sich bis 150, ja bis 200 engl. Fuß Höhe, die Rauchsäule aber so hoch, daß das Auge ihr Ende nicht erreichen konnte, beide wirbelten stark und erzeugten ein donnerähnliches Getöse; dabei entstand ein so starker Wirbelwind, daß abgehauene Bäume von 6 bis 8 Zoll Durchmesser vom Boden fortgerissen und zu 40 bis 50 Fuß Höhe emporgehoben wurden. Man pflegt endlich an sehr heißen Tagen und bei ruhiger Luft an den Seiten dicht bewachsener Wälder einen aus diesen allezeit mit bemerkbarer Geschwindigkeit sich bewegenden Wind wahrzunehmen, indem die kältere Waldluft in die wärmere über den angrenzenden Wiesen und Aeckern übergeht. Eine Umkehrung dieser Richtung während der Nacht wird schwerlich beobachtet werden.

In allen diesen Fällen zeigen sich uns Wärmeunterschiede benachbarter Luftmassen und es ist allgemein angenommen, daß unter allen den zahlreichen Ursachen, durch welche Luftströmungen entstehen, die hauptsächlichste in der Ungleichheit der Temperatur an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche, oder in verschiedenen Gegenden der Atmosphäre zu suchen ist. Alle in den Luftschichten beobachteten Bewegungen müssen als Folgen des gestörten Gleichgewichts angesehen werden; eine der einfachsten Ursachen hievon ist die Aenderung der Temperatur. Durch Temperaturerhöhung an irgend einer Stelle wird die Luft ausgedehnt (§ 55.) und verdünnt, dadurch ein Aufsteigen der leichter gewordenen Luft bewirkt, und dies führt dann nothwendig ein Zuströmen von der Seite herbei, wie aus obigen Beispielen erhellt. Es entsteht hiebei eine dreifache Bewegung. Die primäre Bewegung ist immer ein aufsteigender Strom, indem die erwärmte und ausgedehnte Luft sich als eine vertikale Säule erhebt; dichtere und kältere Luft strömt nach der Stelle, von welcher die erwärmte Luft aufgestiegen ist, und erzeugt so den horizontalen Strom, welchen man auf der Oberfläche der Erde wahrnimmt. Die dritte Bewegung ist ein Wegströmen von der erwärmten Stelle in den oberen Regionen. Temperaturverminderung bewirkt das nämliche, nur erfolgen die Bewegungen in umgekehrter Richtung, weil erkaltende Luft sich in ein kleineres Volumen zusammenzieht. Weil die Sonne durch ihre erwärmende Kraft unablässig solche Strömungen verursacht, so sind jene Gegenden der Erde, welche die größte Erwärmung erfahren, als die Mittelpunkte der Luftströmungen anzusehen. — Eine andere sehr wirksame Ursache der Winde ist die schnelle Verdichtung der Dünste in der Atmosphäre, wenn sie als Regen niederfallen. Die wässerigen Dünste, wenn sie sich zu Regentropfen verdichten, befinden sich zwar nicht im elastisch-flüssigen Zustande, sondern bestehen, wie wir wissen, aus Dunstbläschen, denen, weil sie in der Luft schweben, jedenfalls eine geringere Dichtigkeit zukommt, als den Regentropfen, und ebenso eine größere Raumerfüllung. Durch ihre Kondensation zu Regentropfen entsteht daher ein leerer Raum, welcher nicht ohne atmosphärische Bewegung erfüllt werden kann, weshalb man beobachtet, daß Luftströmungen, deren Heftigkeit der Stärke des Regens proportional zu sein pflegt, beständige Begleiter desselben sind, und ihrerseits im Verhältniß ihrer Sättigung mit Wasserdampf die Stärke des Regens vermehren. Man sieht indeß leicht, daß diese Ursache der Winde im Grunde auf die erste zurückgeführt werden kann, indem die Verdichtung der Dünste Folge einer Temperaturveränderung ist; sie ist aber unstreitig eine der wirksamsten. Es ist z. B. nichts Ungewöhnliches, daß zwischen den Tropen in einer Stunde auf eine große Flächenausdehnung Wasser von 2,7 Zoll Höhe fällt, und wenn diese Fläche eine Größe von 60 Quadratmeilen hätte, so würde der Dampf, welcher zur Erzeugung von 2,7 Zoll Wasserstand auf dieser ganzen

Fläche erforderlich ist, wenn es blos die Temperatur von 8° in der Luft hätte und sich im elastisch-flüssigen Zustande befände, einen 100000mal größeren Raum einnehmen, als im tropfbarflüssigen Zustande, und so groß ist folglich auch der leere Raum, welcher durch diese Kondensation entstehen würde. Nun befindet sich allerdings dieser Dunst nicht in elastisch-flüssigem, sondern blasenförmigem Zustande; gleichwol entsteht durch seine Verdichtung zu Regentropfen immer noch ein sehr beträchtlicher leerer Raum, dessen Erfüllung eine große Bewegung der Luft zur Folge haben muß. Außer obigen Ursachen erregen plötzliche chemische Veränderungen, elektrische Entladungen oder andere noch ganz unbekannte Vorgänge in der Luft ohne Zweifel manche, besonders unregelmäßige, Winde und heftige Orkane. Offenbar muß der Wind zuerst an der Stelle sich zeigen, wo das Gleichgewicht der Atmosphäre gestört worden ist, und pflanzt sich von da rückwärts oder vorwärts fort, jenachdem die Störung ein Zufließen oder Abfließen erzeugt. Entsteht z. B. über einer Gegend durch Erwärmung ein aufsteigender Luftstrom, so wird zunächst die unmittelbar angrenzende Luft die aufgestiegene ersetzen, dann die weiter entfernte die Stelle der vorigen einnehmen u. s. w., es wird z. B. der Ostwind in westlicheren Gegenden sich früher zeigen, als in östlicheren; der aufsteigende Strom selbst aber wird in der Tiefe früher bemerkbar sein, als in der Höhe; der Ostwind wird seiner Strömung entgegen, der aufsteigende Strom mit der seinigen in gleichem Sinne fortschreiten; dort haben wir ein Zu-, hier ein Abfließen.

Man unterscheidet die Winde 1) nach ihrer Geschwindigkeit und Kraft; 2) nach gewissen Eigenthümlichkeiten, welche mehrere Arten von Winden ergeben, und 3) nach ihrer Richtung.

§ 61. Die **Kraft**, welche der Wind gegen einen Körper, den er trifft, ausübt, ist eine Funktion seiner **Geschwindigkeit**; diese aber müßte, namentlich bei den durch Temperaturerhöhung bewegten Luftmassen, sehr beträchtlich sein, wenn nicht die Trägheit der verdrängten und also gleichzeitig in Bewegung gesetzten Luftmassen bedeutende Hindernisse verursachte, so daß vielleicht die Hälfte der erzeugten Kraft auf deren Ueberwindung verwendet werden muß. Beide Aeußerungen der Winde, besonders solcher, welche keine wirbelnde, sondern eine geradlinig fortschreitende Bewegung haben, hat man durch verschiedene Mittel zu bestimmen gesucht: durch leichte Körper, die durch ihn fortgeführt werden, durch die Bahn des Schattens welchen die bewegten Wolken auf der Erde beschreiben, durch Bäume, deren Blätter, Zweige, Aeste vom Winde bewegt oder die von demselben gebogen, ja selbst entwurzelt werden, durch die ungleiche Zeit ihrer Ankunft an entlegenen Orten, oder endlich durch ein eigenes Instrument, das **Anemometer** heißt. Dasselbe ist eine heberförmige, an beiden Enden offene Glasröhre, woran ein Schenkel wieder horizontal gebogen ist und, mit einer ge-

meinen Windfahne versehen, der Richtung des Windes entgegengekehrt wird. Der Wind drückt gegen das in der Röhre befindliche Wasser und treibt es bis zu einer seiner Geschwindigkeit proportionalen Höhe im anderen Schenkel empor, so daß sich aus dem Unterschiede des Wasserstandes die Geschwindigkeit berechnen läßt. Benennt man die Winde nach Maßgabe ihrer Geschwindigkeit und der Kraft in Pfunden, womit sie auf die Fläche von einem Quadratfuß drücken, so erhalten wir folgende Windskala, die ziemlich genau sein dürfte. In der Meteorologie bezeichnet man die Stärke der Winde mit Zahlen und setzt Windstille = 0.

Namen der Winde.	Schnelle in 1 Sek.	Kraft in Pfunden.
1 = sanfter Wind; gibt dem Rauch eine von der senkrechten abweichende Richtung .	5 F.	0,0 ℔.
2 = dem Gefühle bemerkbarer W.; bewegt Blätter und führt leichte Körper fort . .	15 „	0,5 „
3 = mäßiger Wind; bewegt Zweige . . .	20 „	0,9 „
4 = steifer Wind; schüttelt Aeste und erregt im Wasser Wellen	25—30 „	2,0 „
5 = starker Wind; bewegt schwache Bäume	40 „	3,9 „
6 = Sturm; veranlaßt ein Geheul in der Luft; er kann schwache Bäume knicken . . .	50 „	5,7 „
7 = starker Sturm; entwurzelt starke Bäume, schadet Gebäuden, versenkt Schiffe . .	60 „	8,4 „
8 = Orkan; zerstört fast Alles, was er trifft, selbst Meeresufer können durch ihn geändert werden	80—90 „	14—18,7 „
9 = starker Orkan; seine Wirkungen sind noch gewaltiger	100—140 „	22—32,9 „

Der Wind 5 heißt in der Schweiz Blast, ein Wort, womit man in manchen Gegenden auch ein Gewitter bezeichnet. In der gemäßigten Zone wehen Stürme mehrere Tage lang nach einer und derselben Richtung, meistentheils aus Westen, und nicht immer treten bei ihnen diejenigen Wechsel der Richtung ein, welche den höchsten Grad der Luftströmung, den Orkan, auszeichnen. Eine Gewitterwolke, die sich am 7. Februar 1817 um 5 Uhr 30 Minuten in Hamburg befand, kam um 8 Uhr bis Neubrandenburg und um 11 Uhr 30 Minuten nach Strehlen in Schlesien, legte also die ersten 30 Meilen in 2,5 Stunden, die letzten 50 in 3,5 Stunden zurück, also 12—14 Meilen in 1 Stunde, was 70—90 Fuß auf eine Sekunde gibt. Der Sturm in der Nacht vom 11. zum 12. März 1783 soll die Strecke von Venedig

nach Neapel, 176 ital. Meilen, in 3 Stunden durchlaufen haben, was eine Geschwindigkeit von 140 Fuß in 1 Sekunde ausmacht. Stürme, welche in Europa mit der Gewalt von Orkanen wüthen, kommen namentlich vom westlichen Anfang des Kanals bis zum finnischen Meerbusen vor. So herrschte am 26. Nov. 1282 in Holland ein Sturm, welcher den See Flivo mit dem Meere vereinigte und die Zuidersee bildete, ein anderer am 9. Nov. 1491 verheerte 72 Dörfer und beraubte gegen 100000 Menschen des Lebens. Am 9. Nov. 1800 erstreckte sich ein solcher Sturm von den Niederlanden über einen großen Theil des nördlichen Europa, zerbrach in Hannover die stärksten Lindenbäume und riß auf dem Harze 200000 Tannen aus. Im Jahr 1634, am 11. Oktober Abends, wurde durch einen Sturm die Insel Nordstrand an der Westküste von Schleswig überfluthet und gänzlich zerrissen, wobei 1388 Häuser, Kirchen, Thürme u. s. w. zerstört wurden, 6408 Menschen und 50000 Stück Vieh umkamen, und von der großen Insel nichts übrig blieb, als drei kleine Stücke, die Insel Pelworm, Nordstrand und Lütje-Moor. An Norwegens Küsten toben ebenfalls heftige Stürme in bedeutender Menge, wozu wohl ohne Zweifel der große Unterschied der Temperatur des dortigen Meeres und Landes, namentlich im Winter, viel beiträgt. Zu den übrigen Gegenden in Europa, die von sehr starken Sturmwinden heimgesucht werden, gehören Südrußland und das mittägliche Frankreich, wo der dort herrschende Mistral nicht selten auf dem Lande und in seiner Fortsetzung auf dem Mittelmeere dieselben erzeugt. Sie durchlaufen in 1 Sekunde oft 60 und mehr Fuß.

Ungleich heftiger sind die nicht seltenen Stürme, welche Westindien verheeren, dann sich umbiegen und in Nordamerika zwar geringeren, aber immer noch furchtbaren Schaden anrichten. Sie heißen Tornados oder Hurrisanec (wovon unser Orkan), und haben fast alle den Charakter ganz eigentlicher Wirbelwinde. Sie beginnen im Allgemeinen in der tropischen Zone, näheren sich dem Aequator nur bis auf 9 oder 10 Grade, gehen bis in die subtropische Zone hinauf und sind am verheerendsten auf den Antillen. Man hat am 25. Juli 1825 einen solchen Orkan auf Guadaloupe beobachtet, durch welchen die festesten Häuser umgeworfen, Dachziegel mit solcher Gewalt fortgeschleudert wurden, daß mehrere derselben durch dicke Thüren in die Magazine drangen, ein ganz dünnes tannenes Brett aber wurde mit einer solchen Gewalt durch die Luft getrieben, daß es einen Palmbaum von 16 Zoll im Durchmesser durchschnitt. Ein vor dem Palais des Gouverneurs aufgestelltes eisernes Gitter wurde ganz zerrissen und 3 vierundzwanzigpfünder Kanonen wurden bis an das Schulterwerk der Batterie zurückgetrieben. Am auffallendsten aber ist die auf sicheren Zeugnissen beruhende Angabe, daß der Wind leuchtend schien und eine silberfarbne Flamme, welche durch die Risse der Mauern und die Oeffnungen der Schlösser drang,

den Schein gab, als stände der Himmel in Feuer. Eine Eigenthümlichkeit dieser westindischen und überhaupt der tropischen Orkane ist die, daß der Wind während ihrer Dauer seine Richtung ändert und meistens den ganzen Kreis des Kompasses durchläuft. Dabei tritt dann sehr häufig während des Orkans, ungefähr in der Mitte seiner Zeitdauer, eine gänzliche Windstille ein, worauf der Wind zur ganz entgegengesetzten Richtung übergeht. Der Tornado im August 1831, welcher am 10. Nachts zu Barbados anfing, am 11. auf der Insel St. Vincent und St. Lucia tobte, wo er sich südlich bis Granada, nördlich bis Martinique erstreckte, seine größte Wuth aber zwischen 12° 30′ und 14° 30′ entwickelt haben soll, am 12. auf der Küste von Porto Rico anlangte, Nachts am 13. über St. Domingo mit südlicher Ausdehnung bis Jamaica fortschritt, am selben Tage auf der Ostseite von Cuba und am 14. zu Havanna auf der Westseite dieser Insel anlangte, am 15. über das Meer fortschritt, am 16. und 17. endlich von der Nordküste des merikanischen Meerbusens unter etwa 30° n. Br. über Pensecola, Mobile, und Neu-Orleans sich ausdehnte, wo er bis zum 18. anhielt, — dieser Tornado gebrauchte im Ganzen von Barbados bis Neu-Orleans 6 Tage. Ein unausgesetztes Flammen der Blitze begleitete ihn und sein Heulen war einigemale über allen Begriff entsetzlich, so wie die Zerstörungen, die er namentlich auf Barbados anrichtete. Die festesten Gebäude erbebten in ihren Grundmauern, ja die Erde selbst zitterte, als der Zerstörer über sie hinwegschritt. Kein Donner war zu hören, denn das gräßliche Geheul des Windes, das Brausen des Ozeans, dessen mächtige Wellen Alles zu zerstören drohten, was die anderen Elemente etwa verschonen mochten; das Gerassel der Ziegel, das Zusammenstürzen der Dächer und Mauern, und die Vereinigung von tausend anderen Tönen bildeten ein Entsetzen erregendes Geräusch. Vom Thurm der Kathedrale zu Bridgetown auf Barbados zeigte sich ein Bild allgemeiner Zerstörung; der Anblick der Gegend war der einer Wüste, nirgends eine Spur von Vegetation, einige Flecke welken Grüns ausgenommen. Der Boden sah aus, als wenn Feuer durchs Land gegangen wäre, welches Alles verbrennt und versengt hätte. Einige wenige stehen gebliebene Bäume, ihrer Blätter und Zweige beraubt, gewährten einen todten winterlichen Anblick, und die zahlreichen Landsitze in der Umgebung von Bridgetown, früher von dichten Gebüschen beschattet, lagen nun frei in Trümmern.*) Der Schaden, welchen dieser Tornado auf Barbados anrichtete, wurde auf 2 Millionen 311729 Pfd. Sterl. geschätzt, die Zahl der umgekommenen Menschen betrug 2500, der Verwundeten 5000.

Die unglaubliche Kraft dieser westindischen Orkane steht aber mit der Geschwindigkeit ihrer fortschreitenden Bewegung in keinem entsprechenden

*) Aus der Schilderung eines Augenzeugen im N. Gehler.

Verhältniß; denn der so oben beschriebene Tornado blieb in Hinsicht seines Fortschreitens hinter den meisten unserer Stürme zurück. Er legte 2000 Seemeilen in 150, also 13,5 in einer Stunde zurück, und seine Geschwindigkeit betrug daher 21,5 Fuß in 1 Sekunde. Der Grund dieser verhältnißmäßig geringen Geschwindigkeit in Bezug auf das Fortschreiten liegt wol darin, daß derjenige Theil der Atmosphäre, welcher für eine Zeit die große Masse des Orkanes bildet, eine wagrechte Rotationsbewegung um eine senkrechte oder etwas geneigte Achse beschreibt, welche mit der bewegten Luftmasse fortschreitet. Die rotirende Bewegung scheint aber unglaublich schnell zu sein, und wenn angegeben werden kann, wie die Luft zu einer so großen Geschwindigkeit gelangt, so werden die enormen mechanischen Wirkungen nicht mehr in Erstaunen setzen, da sie nur die nothwendigen Folgen davon sind.

Wie überhaupt in der tropischen Zone, so sind auch an der Westküste Afrika's die heftigen, in der Regel nur kurze Zeit dauernden Stürme Begleiter der periodischen Regen, besonders zu Anfang und am Ende derselben. Das Eigenthümliche dieser afrikanischen Tornados besteht in der Bildung einer dünnen Wolke, die sich bis zum östlichen Horizont herabsenkt, worauf dann eine ängstliche, beklemmende Stille folgt, die sehr bald durch die heftigsten Blitze, die aus den unterdeß entstandenen und vom Horizont aufsteigenden schwarzen Wolken mit ununterbrochenem Donner ausfahren, unterbrochen wird. Der alsdann folgende Sturm wirft Bäume und Häuser um; der Regen fällt nicht tropfenweise, sondern als herabgeschüttetes Wasser aus den Wolken, und die häufigen Blitze treffen jedesmal Häuser und Bäume. In Afrika ist auch das Cap. d. g. Hoffnung, gerade wie das Cap Hoorn in Südamerika, wegen seiner häufigen und mitunter heftigen Stürme bekannt; noch mehr aber die Ostküste Afrika's, wo Stürme toben, die den westindischen an Stärke nichts nachgeben. Vor allen anderen ist ihnen die Insel Mauritius ausgesetzt. Sie wehen daselbst zur Regenzeit vom Dezember bis April. Man sieht den Sturm nicht allezeit voraus, und nur das Barometer gibt ganz sichere Zeichen, indem es schnell und stark fällt. Der Sturm beginnt mit Stößen, die regellos mit gänzlicher Windstille wechseln, heftiger und häufiger werden, bis das Toben der See und Heulen des Sturmes den höchsten Grad erreicht, der in kurzen Pausen unterbrochene Sturm aber durch die ganze Windrose läuft und nach etwa 20 Stunden ein schrecklicher Regen das Ende macht. — An diese Klasse von Winden schließen sich die Typhons an, die auf den Meeren von China und Japan und an den Küsten dieser Länder wüthen. Bei ihnen findet eine Drehung in einem Kreise Statt, und zwar anscheinend in einem engeren, als auf den westindischen Inseln, ferner das Eintreten gänzlicher Windstille und einer hierauf folgenden gerade entgegengesetzten Richtung. Auch diese Stürme verkündet das Marinebarometer voraus. — Zu den hochnordischen Sturmregionen

gehören in Europa die Küsten von Finmarken, namentlich bei Kielwig, so daß während derselben kein Licht und kein Feuer brennt, und die Häuser kaum dagegen aushalten, wenn sie nicht tief, fast in der Erde liegen, und 3 Ellen dicke Mauern haben. Ihre Richtung ist stets nordwestlich, vom Pole her, und sie zeichnen sich durch bedeutende Wärme aus; ihre Zahl an jenen Küsten ist sehr groß, so daß es Jahre gab, wo deren über 30 gezählt wurden.

Man erklärt die rotirende Bewegung der Atmosphäre bei Orkanen durch schief auf einander stoßende Strömungen, welche jene großen horizontalen Winkel erzeugen sollen, ähnlich den kleinen Wirbeln, die sich an Straßenecken bilden, und es scheint, daß die Wirbel bei Orkanen der tropischen Zone in engere Grenzen eingeschlossen seien, als sie es bei denen unter höheren Breiten sind. Es geht nämlich in der Regel die Richtung des Windes nach eingetretener gänzlicher Ruhe in die gerade entgegengesetzte über, was eine Folge davon ist, daß zuerst die eine Seite des Wirbels, dann das Zentrum und hierauf die andere Seite über den nämlichen Ort hinzieht. In höheren Breiten kommt diese Erscheinung darum nicht, oder wenigstens selten vor, weil die Wirbel einen weit größeren Durchmesser haben und ihr Zentrum ungleich langsamer fortschreitet. Hieraus glaubten Einige schließen zu dürfen, daß die meisten Stürme der mittleren Breiten ihren Ursprung in der tropischen Zone haben, wo sie sich erheben, in den oberen Regionen fortpflanzen und erst später wieder herabsinken, und begründen diese Ansicht theils mit dem Brausen, welches man vorzüglich im Frühling in den höheren Luftregionen zu hören pflegt, wenn Thauwetter mit heftigen Winden eintreten will, theils dadurch, daß heftigen Stürmen unter höheren Breiten eine ungewöhnliche Wärme und Schwüle vorausgeht. Andere dagegen sehen die Nothwendigkeit nicht ein, für einen Sturm der gemäßigten Zone den Ursprungsschein jedesmal aus der heißen zu holen, und lassen die Stürme höherer Breiten in den gemäßigten Klimaten selbst entstehen, indem sie beide Phänomene, in der heißen und gemäßigten Zone, von derselben Ursache, nämlich von der Störung des Gleichgewichts der Atmosphäre ableiten, erzeugt durch niedrige Temperatur in der einen und hohe Temperatur in der anderen Gegend derselben Hemisphäre.

§ 65. Es folgt uns die Betrachtung der verschiedenen Arten der Winde, und zwar des beständigen Passatwindes, der periodischen und der veränderlichen Winde.

1. Die Passatwinde, welche beständig nach der nämlichen Richtung wehen, nennen die Engländer Handelswinde (trade winds). Sie sind die Ostwinde der äquatorischen Zone, die sich indeß aus Gründen, die nachher entwickelt werden sollen, nicht genau in diesen Grenzen halten, sondern im Ganzen zwischen 5° bis 30° n. Br. und 1° bis 25° s. Br. wehen. Meh-

rere Ursachen wirken zur Entstehung der Passate vereint zusammen, doch die wesentliche rührt von der Einwirkung der Sonne her. Denn der Einfluß, welchen die Sonne durch Ausdehnung und Verdünnung der Luft innerhalb der Wendekreise ausübt, hat daselbst zunächst einen aufsteigenden Luftstrom zur Folge, der zur Herstellung des gestörten Gleichgewichts anderswoher ersetzt werden muß. Zuerst wird die unmittelbar angrenzende Luft die aufsteigende ersetzen, dann die weiter entfernte die Stelle der vorigen einnehmen, so daß auf solche Weise zuletzt die kalte, dichtere und schwerere Luft von beiden Polen her längs der Erdoberfläche nach dem Aequator und immer aus den östlicher gelegenen Gegenden die Luft an die Stellen größter Erwärmung herbeiströmen wird. Die durch die Sonne erzeugte tropische Hitze hat also unmittelbar zwei Bewegungen der Luft zur Folge, eine aufsteigende an den Stellen der größten Luftverdünnung, und eine horizontale theils aus den östlich gelegenen Gegenden der tropischen Zone, theils von den Polen gegen den Aequator an der Oberfläche der Erde hin. Die polare Strömung gelangt aber zum Aequator nicht in der Richtung des Meridians, sondern schweift davon gegen Westen ab. Denn da die Sonne scheinbar täglich von Osten nach Westen um die Erde läuft, demnach innerhalb der Wendekreise die größte Erwärmung der Luft in derselben Richtung rings um die Erde fortschreitet und die Stellen der größten Luftverdünnung ebenfalls dem scheinbaren Sonnenlaufe folgen; so wird eben dieses Fortschreiten der größten Erwärmung gegen Westen die Ursache, warum die aus höheren Breiten herbeiströmende Luft eine gegen den Westpunkt mehr oder weniger geneigte Richtung annimmt und zuletzt ganz aus Osten weht. Das Fortschreiten der Stellen größter Luftverdünnung im Sinne des täglichen scheinbaren Sonnenlaufes bewirkt auch, daß alle westlichen Punkte einen höheren Wärmegrad als die östlichen erhalten, so daß auch aus diesem Grunde der Passat eine Richtung von Osten nach Westen annehmen muß. Ich weiß wol, daß man in der Rotation der Erde die Ursache des beständigen Ostwindes am Aequator gesucht hat. Man nahm an, daß die Drehung der Erde um ihre Achse und die von den Polen gegen den Aequator wachsende Geschwindigkeit dieser Bewegung die Polarluftströme, weil sie aus einer langsameren nicht sofort in eine schnellere Bewegung übergehen könnten, nöthige, auf ihrem Wege nach dem Aequator vom Meridian abzuschweifen, so daß sie, in der Richtung nach Westen zurückbleibend, endlich einen Ostwind erzeugten. Allein ich kann der Rotation keinen so bedeutenden oder gar entscheidenden Einfluß auf das in Frage stehende Phänomen zugestehen, da die Luft, an der rotirenden Bewegung der Erde Theil nehmend, keineswegs so sehr hinter derselben zurückbleibt, daß sie aus diesem Grunde einen Ostwind erzeugen müßte, und weil ihrer Strömung aus höheren Breiten im Ganzen keine große Geschwindigkeit zukommt; vielmehr erscheint mir die Sonnenwärme als die wirksamste und primäre Ursache der Passate, und was

sonst noch als Ursache derselben angeführt wird, als von mehr oder weniger untergeordnetem Range. Dahin zählt man auch die Bewegung des Meeres, welches in der äquatorischen Zone beständig nach Westen strömt, und dadurch den Ostwind daselbst soll bedingen helfen. Diese Ursache kann jedoch nur auf die untersten Lufttheilchen influenziren, und wenn man dann ferner noch annimmt, daß die fortwährend vom Meere aufsteigenden wässerigen Dünste die mit der Höhe wachsende Rotationsgeschwindigkeit nicht sogleich anzunehmen vermögen, deshalb in westlicher Richtung aufsteigen werden, so kann ich auch diesem Umstande nur eine sehr untergeordnete Rolle bei Bildung der Passate einräumen. Ebenso der Anziehung durch Sonne und Mond, da dieselbe jedenfalls zu gering ist, als daß sie neben der Erwärmung durch die Sonne besondere Erwähnung verdiente.

Vollkommene Regelmäßigkeit und stete gleichmäßige Bewegung dieses Windes wäre nur unter der Voraussetzung möglich, daß die Sonne ihre Deklination nicht änderte und die Erde überall mit Wasser bedeckt wäre; weder das eine noch das andere ist aber wirklich der Fall, und darum die vielfachen Abweichungen von der allgemeinen Regel. Es ist schon angedeutet worden, daß der Passatwind an seinen Grenzen auf der nördlichen Halbkugel eine nordöstliche, auf der südlichen eine südöstliche Richtung annimmt, und daß die Passate in der Mitte zwischen ihren äußersten Grenzen hinsichtlich ihrer Richtung und Stärke am regelmäßigsten sind. Die Schiffer suchen daher namentlich auf dem atlantischen Ozean auf ihren Reisen nach Amerika die zuletzt bezeichnete Gegend der Passate sobald als möglich zu erreichen, und die Spanier nennen sie wegen der Leichtigkeit der Schifffahrt, der fast stets gleichbleibenden Temperatur und des ununterbrochen heiteren Himmels Golf der Damen. Zwischen dem nordöstlichen und südöstlichen Passat, da, wo sich beide Luftströme begegnen, liegt die Zone der Windstillen, die mit heftigen Orkanen abwechselt und die stärksten tropischen Regen hat. Diese starken Regengüsse rühren daher, daß die warmen Luftschichten der Tiefe sich abkühlen, indem sie aufsteigen, und deshalb ihr Wasser fallen lassen, während dagegen die Luft im Passat vollkommen heiter ist, da sie immer trockener wird, je näher sie den wärmeren Gegenden strömt. Jeder Ort zwischen den Tropen hat also eine trockne Zeit, wenn er sich im Passat befindet, und eine Regenzeit, wenn er in die Gegend der Windstillen tritt; oder wie die Indianer vom Orinokko sagen, eine Zeit der Sonnen und eine Zeit der Wolken. Die Grenzen der Passate und der zwischen ihnen liegenden Gegend der Windstillen würden sich stets gleich bleiben, wenn die Sonne sich stets im Aequator bewegte; allein wegen ihrer veränderlichen Deklination ändern sich auch jene, indem die Passate sich in ihrer Richtung nach der Sonne hinneigen, oder nach der Stelle der größten Luftverdünnung. Denn wenn die nördliche Halbkugel während ihres Sommers von der Sonne be-

deutend erwärmt wird, so neigt sich der Südostpassat mehr vom Ostpunkte ab, als in der entgegengesetzten Jahreszeit, und bläst mit Kraft gegen den Ort der größten Luftverdünnung; seine nördliche Grenze erreicht alsdann fast den Aequator und geht an einigen Stellen sogar über ihn hinaus. Der Nordostpassat neigt sich zu derselben Zeit dem Ostpunkte mehr zu als in der anderen Jahreszeit, weil unter allen Umständen das Maximum der Erwärmung die Passatrichtung bestimmt; er weht zugleich mit geringerer Stärke und wird in seinen Grenzen eingeschränkter, so daß seine südliche Grenze um mehrere Grade vom Aequator zurückweicht. In der entgegengesetzten Jahreszeit, wenn die südliche Halbkugel ihren Sommer hat, weht der Nordostpassat stärker, dreht sich weiter vom Ostpunkt und nähert sich mehr dem Aequator, während zugleich die Stärke des Südostpassats durch den Einfluß der Sonne bedeutend vermindert wird. Ueberhaupt gehen die Passate mehr zur östlichen Richtung über, wenn die Sonne höher steht, in welchem Falle dann zugleich Niederschläge erfolgen. Das Beharrungsvermögen der Materie bringt es übrigens mit sich, daß eine gewisse Zeit erforderlich ist, bis die Aenderung der Sonnendeklination eine Verrückung der Grenze der Passate und der Windstillenzone nach sich zieht.

Die auffallende Erscheinung, daß die Nordgrenze des Südostpassats bis über den Aequator hinaufgeht, wird aus der Umgebung des atlantischen Ozeans in der tropischen Zone abgeleitet, und als Hauptbedingungen werden folgende angeführt: Die große Bergkette des diesseits des Aequators liegenden Theils von Südamerika, von welcher herab die kälteren Luftmassen dem ohnehin stark erwärmten Meere zuströmen und daher die andringenden nördlichen Luftströmungen zurückdrücken müssen; die Konfiguration der Westküsten Afrika's, wonach die südliche Luftbewegung frei bis zum Golf von Guinea über den Aequator hinausgelangt; der aus diesem Meeresbecken nach den Antillen gerichtete warme Weststrom; endlich die ausgedehnte, unaufhörlich stark gewärmte Sahara, an deren südlicher Grenze sich eine Hochebene befindet, die der freien nördlichen Luftbewegung ein Hinderniß entgegenstellt.

Im Obigen ist im Allgemeinen der jährliche Verlauf der Passate dargestellt; in dem täglichen bemerkt man eine gewisse Regelmäßigkeit bei ihrer größeren oder geringeren Geschwindigkeit. Morgens, wenn die Atmosphäre aus einem niedrigen in einen höheren Wärmegrad übergeht, nimmt der Passat an Stärke zu; die östlichen Theile der Atmosphäre sind alsdann kälter und eilen nach den Gesetzen des Gleichgewichts denjenigen Orten zu, wo eine größere Verdünnung der Luft Statt findet. Dies dauert bis 9 Uhr. Von dieser Zeit an bis 4 Uhr Nachmittags nimmt die Luft allmälig eine gleichförmigere Temperatur an, in Folge deren der Passat stufenweise schwächer wird. Von 4 Uhr an nimmt die Stärke wieder zu und erreicht ihr Maximum unmittelbar nach Sonnenuntergang, indem alsdann das Gleich-

gewicht der Atmosphäre unterbrochen ist und die kalten Theile nach denjenigen Stellen geführt werden, wo die Sonne anfängt, die Luft zu verdünnen.

Unter die vorzüglichsten Hindernisse der regelmäßigen Passate gehören die Küsten, weil vornehmlich sie es sind, die auf die Temperatur einen bedeutenden Einfluß ausüben. Unmittelbar an denselben wehen die Passate nicht, vielmehr treten sie erst in ungleicher Entfernung von denselben ein. So trifft man sie an der Ostküste Afrika's schon 15 Meilen, an der Westküste Amerika's bei Mexiko erst 50 Meilen, bei Peru, wo sich die Anden am höchsten erheben, erst 100 Meilen von denselben an. Im großen Ozean sind die Passate am regelmäßigsten, weil sie auf einer langen Strecke durch keine größeren Ländermassen modifizirt werden. Wenn übrigens nicht lokale Hindernisse im Wege stehen, so dringen die Passate in Verbindung mit den Seewinden tiefer in das Land ein und setzen sich daselbst fort; über dem Amazonenstrom z. B. weht der fortgesetzte Passat so lebhaft, daß man ihn bei den Fahrten stromaufwärts benützt, und auf gleiche Weise dringt er von Buenos = Ayres bis zu den Anden vor.

Wohin geht aber die in der äquatorischen Zone aufgestiegene Luft? und wodurch wird das an den Polen durch die Polarströmungen gestörte Gleichgewicht wieder hergestellt? In beiden Fragen liegt zugleich ihre Beantwortung; denn offenbar kann nur die tropisch erwärmte und emporgestiegene Luft das an den Polen gestörte atmosphärische Gleichgewicht wieder herstellen, sie wird dahin zurückkehren, woher sie ursprünglich kam und von wo beständig die kältere und schwerere Luft höherer Breiten längs der Erdoberfläche hin weht, und wir haben hier ganz denselben, oben § 63 angeführten, Fall der dreifachen Bewegung der Luft, einen Kreislauf der Luftmassen von großartigen Dimensionen, welche vom Aequator gegen die Pole reichen. Die aufgestiegene Aequatorialluft bildet somit, indem sie nach höheren Breiten weht, einen oberen Luftstrom, dem unteren in der Richtung entgegengesetzt. Die Beobachtung bestätigt diesen atmosphärischen Kreislauf, einmal durch den Zug der Wolken in den oberen Regionen, indem sie sich nach einer den Passaten entgegengesetzten Richtung bewegen, ferner durch einen heftigen Südwest = Passat auf dem Pic von Teneriffa, während unten Südost weht; endlich durch einen augenblicklichen Wechsel des Windes, den man empfindet, sowie man die Grenzen der Passate überschritten hat. Denn wenn in der tropischen Zone die Grenze zwischen den beiden einander in ihrer Richtung entgegengesetzten Winden 6 — 8000 Fuß hoch liegt, so senkt sie sich allmälig mit zunehmender Breite und erreicht zuletzt die Erdoberfläche. Da, wie wir gesehen haben, der untere Passat in Folge des Fortschreitens der täglichen Erwärmung von Osten nach Westen nicht aus Norden oder Süden, sondern aus Nordosten und Südosten weht, so muß der rückkehrende

oder obere Passat, zur Herstellung des Gleichgewichtes, auf der nördlichen Hemisphäre aus Südwesten, auf der südlichen aus Nordwesten wehen, und hieraus erklärt sich der Westwind zwischen 30° und 60° der Breite; wenigstens hat man unzweifelhaft die im mittleren Europa herrschende westliche Windrichtung, die sich weiter östlich etwas mehr nach Norden dreht, aus der Umkehr des Nordostpassats abzuleiten. Von dem Kampfe dieser beiden Ströme, dem Orte des Herabkommens des höheren, dem abwechselnden Verdrängen des einen durch den anderen hangen die größten Phänomene des Luftdrucks, der Erwärmung und Erkältung der Luftschichten, der wässerigen Niederschläge, ja die Bildung der Wolken und ihre Gestaltung ab.

2. Periodische Winde. Zu den regelmäßigen periodischen Winden gehören die Moussons (vom malayischen Mussin = Jahreszeit) im indischen Meere, zu denen die Passate den Uebergang machen, und die regelmäßig mit der Jahreszeit wechseln. Zweierlei Umstände sind es nämlich, welche im indischen Meere ihren Einfluß auf die Windverhältnisse ausüben, einmal die wechselnde Erwärmung, sodann die ungleiche Beschaffenheit der das indische Meer umgürtenden Ländermassen, und sie sind zugleich die Ursache, weshalb die Passate daselbst nicht rein auftreten, sondern in die Moussons übergehen. Die westliche Seite des indischen Meeresbeckens ist begrenzt durch die gebirgige Insel Madagascar und die südafrikanische Ostküste, die hohe Gebirge trägt; an der nördlichen Seite ziehen sich die sandigen und vegetationsleeren Ebenen Arabiens bis nach Afghanistan hin und grenzen an die riesenmäßig sich erhebenden Zentralgebirge Asiens; auf Vorderindien fällt das Land an den Küsten von Malabar steil ab, während die Küste Koromandel sich gegen den Golf von Bengalen allmälig verflacht; die hinlänglich ausgedehnte und mit hohen Bergen bedeckte östliche indische Halbinsel übt ebenfalls einen merklichen Einfluß auf die Windrichtungen; das chinesische Meer endlich enthält eine Menge zerstreuter Inseln, die nicht fern vom Kontinente liegen, während die Gegend unter dem Aequator mit vielen, zum Theil hochgebirgigen Inseln besäet ist. Mit diesen Länderverhältnissen sind die Bedingungen gegeben, wodurch die Nordostpassate in Moussons verwandelt werden, während die Südostpassate viel regelmäßiger wehen. Die allgemeinen Verhältnisse der Moussons, welche durch festes Land und hohe Inseln im Uebrigen mannigfache Modifikationen erleiden, sind folgende. Bei nördlicher Abweichung der Sonne werden die langgestreckten Küsten von Arabien, Persien, Indien u. s. w. bedeutend erwärmt, die Luft über denselben verdünnt, und zur Herstellung des Gleichgewichts weht vom Ozean gegen das Land ein Südwestwind von den Ostküsten Afrikas bis zu den Philippinen, der von Mitte April bis zum Oktober andauert. Dieser auf dem Ozean entstehende Luftstrom ist in hohem Grade mit Wasserdünsten erfüllt, die sich nach und nach zu Regen verdichten, und auf die Küsten von Malabar, die mit den

hohen Ghats erfüllt sind, in großen Massen herabströmen. Die Annäherung des regenreichen Südwestmousson verkündigen gewaltige Wolkenmassen, die vom indischen Ozean aufsteigen, gegen Nordosten ziehen, und an Umfang und Dichtigkeit wachsen, je mehr sie sich dem Lande nähern. Nach einigen drohenden Tagen nimmt der Himmel ein bedenkliches Ansehen gegen den Abend an, und Nachts setzt gewöhnlich der Mousson ein, von furchtbaren Donnerstürmen, wie von Regenfluthen begleitet. Läßt das Rollen des Donners nach, so folgen die Regenströme mit gewaltigem Geprassel und Rauschen. Dies hält einige Tage an, dann klärt sich der Himmel wieder auf, und die ganze Natur, die so lange unter tropischer Wärme geschmachtet, ist wie durch einen Zauber verändert. Endlich fällt der Regen in Strömen herab, schwellt alle Bäche und erreicht sein Maximum im Juli, nimmt dann mehr und mehr ab, und mit Ende September ziehen die Moussons ebenso mit Sturm und Donner ab, wie sie gekommen. Wir beobachten auch beim Südwestmousson einen Kreislauf der Luft, den das Gesetz des Gleichgewichts erfordert; denn die über den Ländern, welche den nördlichen Theil des indischen Ozeans umgeben, aufgestiegene Luft fließt in den oberen Regionen gegen die auf dem Meere ruhende, kältere Luftschicht, während diese in den unteren Regionen gegen das Land hinströmt. Bei südlicher Deklination der Sonne wird in den Gegenden des Wendekreises des Steinbocks die Luft bedeutend erwärmt und verdünnt; das Land auf der Nordseite des indischen Meeresbeckens trennt sich dagegen durch Ausdünstung und kalte Nordwinde bald von seiner Erwärmung und die auf ihm ruhende Atmosphäre wird dichter und schwerer. Dann entsteht in der nördlichen Hemisphäre ein Nordostmousson, der gegen die erwärmten Theile am Aequator strömt. Dies ist die trockene Jahreszeit an den Küsten von Ostindien; denn da der Wind vom Lande herweht, so bringt er heiteres Wetter. Der Nordostmousson herrscht vom Oktober bis Mitte April fast genau in denselben Gegenden, in denen der Südwestmousson während der entgegengesetzten Jahreszeit weht. Es ist begreiflich, daß die Moussons an Küsten und Inseln große Hindernisse finden, weshalb ihre Grenzen nicht immer dieselben sind; auch setzen sie nicht immer genau in derselben Zeit um und werden in engen Gewässern durch die Gestalt der einschließenden Küsten in veränderliche Winde verwandelt. Daß aber die Moussons nichts anderes als eine Art Passate sind, zeigt sich am deutlichsten auf der Insel Sumatra, welche durch den Aequator in zwei Hälften getheilt wird. Bei südlicher Abweichung der Sonne herrscht auf der nördlichen Hälfte der Nordostpassat mit heiterem Wetter, während auf der südlichen wechselnde westliche Winde mit Regen herrschen; bei nördlicher Abweichung kommt die Südhälfte der Insel in den Bereich des Südostpassats, und die Nordhälfte hat veränderliche Winde.

Die Land- und Seewinde können ebenfalls zu den periodischen Win-

den gezählt werden. Es sind schwache Winde, die von den Seefahrern Brisen genannt und durchgängig bei beständigem Wetter zwischen den Tropen und in manchen Gegenden außerhalb derselben wahrgenommen werden. Die Ursachen derselben sind sehr einfach. Wegen der geringen Wärmeleitungsfähigkeit wird die Oberfläche des Landes schneller erwärmt als das Meer, so daß bald nach Sonnenaufgang die über der Erde ausgedehnte Luft anfängt aufzusteigen: ein Strom kälterer Luft rauscht von der See herbei, um die aufgestiegene zu ersetzen, und erzeugt so den Seewind. Der Lauf dieses Windes ist nach der See hin regressiv, da er dicht am Gestade anfängt und allmälig nach dem Meere sich ausdehnt. Nach Sonnenuntergang wird die Wärme der Erde, weil sie in geringerer Menge vorhanden ist, leichter durch Ausstrahlung zerstreut als die des Meeres, die über der Erde stehende Luftsäule wird dichter und fließt über der Oberfläche derselben nach Außen ab, indem sie die wärmere und leichtere Luft über dem Meere verdrängt, oder in sie eindringt, und so den Landwind erzeugt. Dieser Wind ist nach der See hin progressiv, indem er an der Küste beginnt und allmälig seewärts fortschreitet. In der Nähe der Küste ist er für das Gehör durch das vermehrte Geräusch der Brandung merkbar. Zwischen beiden Wechseln des Land- und Seewindes tritt allemal Windstille ein.

3. Veränderliche Winde. Wenn einerseits die mit gar keinen oder nur wenigen Unterbrechungen stets dauernden Passate nebst den regelmäßigen Strömungen der Luft von den Polen gegen den Aequator das große Beförderungsmittel zur Verknüpfung entgegengesetzter Küsten und Länder sind, so sind sie es andrerseits auch, welche im Allgemeinen die an allen Orten herrschenden Windrichtungen bedingen. Jedoch werden diese durch örtliche Einflüsse so vielfach modifizirt, daß sie oft kaum mehr kenntlich sind. Wenn man daher die Winde der äquatorischen Zone im Allgemeinen beständige und periodisch wechselnde, die unter höheren Breiten aber unregelmäßige nennt, so ist dies im Ganzen zwar richtig, darf aber nicht so weit ausgedehnt werden, als ob der letzteren Klasse von Winden gar keine Regel zu Grunde läge.

Die veränderlichen Winde herrschen in beiden Hemisphären von 30° bis zu den Polen; auf der nördlichen Seite des Aequators sind es vorherrschend West- und Westsüdwestwinde, auf der südlichen West- und Westnordwestwinde, d. h. die rückkehrenden Passate, welche aber theils durch die Polarströmungen, theils durch eine Menge örtlicher Ursachen verstärkt, oder geschwächt, oder in ihrer Richtung geändert werden. Diese Modifikationen sind indeß auf der nördlichen Halbkugel zahlreicher als auf der südlichen, weil jene vorherrschend Landhalbkugel ist und hier also auch weit mehr bedingende Thätigkeiten eintreten müssen. Die veränderlichen Winde hängen, wie bemerkt, im Großen und Ganzen von den Passaten und den Polarströmungen

ab, allein die hierdurch gegebene Regel wird durch örtliche, oft wechselnde Ungleichheiten in der Temperatur benachbarter Luftschichten, durch lokale Ursachen einer veränderlichen Kondensation von Dünsten und durch andere Ursachen so sehr modifizirt, daß sie oft nicht mehr zu erkennen ist. Manche Stürme in mittleren und höheren Breiten dürften zudem ihre Erklärung nur in elektrischen Entladungen, plötzlichen chemischen Veränderungen u. s. w. (§ 63) finden.

§ 66. Eine eigene Klasse von Winden bilden die heißen und die kalten Winde. Jene sind beschwerlicher als diese, weil wir für kurze Zeit große Kälte leichter ertragen und uns besser gegen sie schützen können, als beides bei sehr großer Hitze der Fall ist. Die heißen Winde zeichnen sich nicht sowol durch ihre Heftigkeit, als vielmehr durch ihre hohe Temperatur aus, und sollen zuweilen Wirkungen äußern, die sich selbst aus ihrer übergroßen Hitze nicht vollständig ableiten lassen. Wehen Luftmassen aus Gegenden, wo der trockene und sandige Boden unter dem Einfluß des senkrechten Sonnenstrahls bis zu einem unglaublichen Grade erhitzt ist, (32° — 40° im Schatten), so ist sich nicht zu verwundern, daß die Reisenden in solchen Luftmassen fast verschmachten und bei etwas anhaltender Dauer derselben selbst der Todesgefahr ausgesetzt sind. Zum Glück erhalten die über dem heißen Sandboden erhitzten Luftmassen eben hierdurch ein Bestreben zum Aufsteigen, so daß sie sich verhältnißmäßig selten in horizontaler Richtung bewegen, und durch ihr Aufsteigen den seitwärts eindringenden kälteren Schichten Platz machen, selbst aber unschädlich und durch ihr Abfließen nach höheren Breiten hin wieder nützlich werden.

Die sandigen, vegetationsleeren, bei Tage schattenlosen Ebenen des nordafrikanischen Sandmeeres und der angrenzenden Wüsten Asiens sind der Hitzheerd, über welchen namentlich 4 dieser heißen Winde entstehen, die sich von da über die umliegenden Länder erstrecken. Diese Winde sind der Chamsin, Harmattan, Sirocco und Samum.

1. Der Chamsin weht in Aegypten innerhalb der 50 Tage, die auf die Nachtgleichen folgen, besonders vom 29. April bis 18. Junius. Von dieser Zeitdauer hat er seinen Namen, denn Chamsin bedeutet in der koptischen Sprache 50. Beim Herannahen des Chamsin erscheint der Horizont dunkel; ist er angekommen, so hält er zwei bis drei Tage an, der heitere Himmel ist verschwunden, die Sonne hat ihren Glanz verloren, blasser als der Mond wirft sie keinen Schatten mehr, das Grün der Bäume erscheint als ein schmutziges Blau, die Vögel werden unruhig, die Thiere auf dem Felde irren rastlos umher. Der Horizont wird bald blau, bald violett, bald gelb, je nach dem Stande der Sonne und der Beschaffenheit des Bodens. Der Chamsin weht aus Südwesten, ist trocken und führt einen sehr feinen Staub mit sich, der erstickend auf die Respirationswerkzeuge wirkt und die

Ursache der in Aegypten so häufigen Augenentzündungen ist. Deshalb bedecken die Araber und Neger ihr Gesicht öfters mit Tüchern, damit ihnen der Sand nicht in's Gesicht getrieben wird, und die Thiere senken ihren Kopf abwärts, um ihre großen, hervorstehenden Augen vor dem Sande zu schützen. Die Hitze ist dabei so stark, daß sie zuweilen bis auf 38° steigt, dennoch aber, wenn man schwitzt, die Empfindung einer angenehmen Kühlung erzeugt.

2. Der Harmattan weht in kurzen Perioden auf der Westküste Afrika's, vorzüglich in Senegambien, und ist, wie der Chamsin, ausnehmend trocken und wegen des mitgeführten feinen Sandstaubs lästig. Der Name ist eine Verstümmelung von Aberrahmanta (von aberrahman, wehen, und tah, Unschlitt), weil die Neger gegen seinen Einfluß ihren Körper mit Fett einreiben, damit ihre Haut nicht springe. Hält der Harmattan länger bis 12 Tage an, so senken sich die Zweige der Bäume, die Blätter welken und werden zuletzt so trocken, daß man sie zerreiben kann, Holz und Tafelwerk schwinden, die menschliche Haut wird spröde und schält sich ab, doch schadet er nur den Vegetabilien, nicht aber den Animalien, indem er vielmehr alle fauligen Krankheiten, Rheumatismen und Fieber sofort heilt. Aehnlich, wie beim Chamsin, soll auch beim Harmattan die Sonne durch den Staub, den er mit sich führt, so verdunkelt werden, daß man hineinsehen könne. Die Periode des Wehens dieses Windes fällt auf der Goldküste um Weihnachten, im Inneren von Afrika in den Februar, und in Senegambien etwa in den Mai.

3. Der Sirocco weht im südlichen Spanien und Frankreich, hauptsächlich aber in Italien und Sicilien, und kommt als südliche Luftströmung aus der Sahara. In Andalusien heißt er Solano. Ueber dem mittelländischen Meere verliert er zwar, wenn er nicht allzu hoch geht, seine außerordentliche Trockenheit und sättigt sich mit Dünsten, behält aber seine Hitze und erschlaffende Eigenschaft bei. Er wirkt so ermattend auf Körper und Geist, daß man in Italien von etwas sehr Abgeschmacktem zu sagen pflegt: era scritto in tempo del Sirocco.

Der oft über unsere Alpen wehende Föhn ist eine Fortsetzung des Sirocco. Eingenommenheit des Kopfes kündigt bei Manchen zwei bis drei Tage vorher seine Ankunft an und verwandelt sich während seiner Dauer in Kopfschmerz, der von Ermattung und Abspannung, namentlich im Sommer, begleitet ist. Andere Vorzeichen geben das Barometer und das Thermometer; jenes sinkt, dieses steigt, und beide bleiben während seiner Dauer ziemlich unverändert. Es wird ferner in der Regel vor dem Eintritt desselben die Sonne bleich, der Mond erhält einen Hof, die Sterne funkeln oft wie im Winde flatternde Lichter, ferne Gegenstände sind wie in Flor gehüllt. An einzelnen Stellen, insbesondere an der Nordseite der Gebirge, entstehen größere

oder kleinere Nebel, die sich heftig bewegen, und bald verschwinden, bald wieder zum Vorschein kommen, bis der Föhn mit voller Kraft einbricht, und alsdann, namentlich in engen Gebirgsthälern, die von Süden nach Norden streichen und sich nordwärts öffnen, an Heftigkeit jeden anderen Wind in der Schweiz übertreffen kann. Während der Dauer des Föhns fällt in der Regel kein Thau, weil die Temperaturunterschiede von Tag und Nacht gering sind und dieser Südwind den durch Strahlung bewirkten Wärmeverlust stetsfort ersetzt. Der Föhn schmelzt daher auch im Frühjahr, wenn er über unsere beschneiten Alpen weht, in zwei Tagen mehr Schnee weg, als acht Tage anhaltender Sonnenschein bei anderem Wind zu thun vermag, und unter seinem Einfluß sind in kurzer Zeit die Straßen der tiefer gelegenen Bergthäler mit Staub bedeckt. Am häufigsten weht er im Frühling und Herbst und befördert alsdann die Vegetation auf eine auffallende Weise. Vor dem Eintritt des Föhns, oder während er erst in den oberen Regionen weht, kommt gewöhnlich Nordwind, der in mehreren Gegenden der Schweiz Föhnen-Bise heißt. Ein sehr interessantes Schauspiel, das ich in Chur häufig beobachtet habe, bietet alsdann das Zurückweichen des Nordwinds vor dem Föhn dar. Anfangs kämpfen beide Winde mit einander und man kann am Calanda da, wo er nordwärts umbiegt, eine senkrechte Linie ziehen, welche die Grenze beider mit einander streitender Winde bezeichnet. Sobald die Nebel, welche der Nordwind am Berge hin vor sich hertreibt, diese Grenze erreichen, werden sie vom wärmeren Föhn gelockert und zuletzt ganz aufgesponnen, so daß sie, sich langsam hebend, spurlos verschwinden. Der Föhn gewinnt nun allmälig immer mehr Terrain, bis er endlich den Nordwind aus dem ganzen Thale vertrieben hat. Wenn er auf die eben beschriebene Weise die Oberhand gewinnt, ist er in Bündten selten mit Sturm verbunden, während dies in anderen Gegenden der Schweiz der Fall zu sein pflegt, besonders wenn ihm eine von dicken Nebeln und Regenschauern begleitete Bise vorangegangen ist. Der Föhn, in dessen Gefolge in manchen Gegenden der Schweiz starke Regengüsse häufig vorkommen, bringt in der Regel in Bündten nur dann Regen, wenn der kältere Nordwind in ihn eindringt und seine wässerigen Dünste verdichtet, gewinnt er aber völlig die Oberhand, so weht er, besonders im März und Oktober, oft 6 bis 8 und mehr Tage lang bei ganz heiterem, tiefblauem Himmel, der nur dann und wann getrübt wird durch die schönsten, oft bald wieder verschwindenden Gebilde von Cirruswolken. Die Hitze, die der Föhn mit sich bringt, ist oft außerordentlich groß und erreichte seit Mannsgedenken nie den Grad in Bündten, wie Anfangs Juli 1845 (30°,5 im Schatten). Wenn aber in der wärmeren Jahreszeit der Nordwind, nachdem er in den oberen Regionen schon sehr weit vorgedrungen ist, während in den unteren der Föhn noch mit Kraft widersteht, endlich die Oberhand gewinnt, so erfolgt gewöhnlich Regen, auf dem Gebirg Schnee.

die Luft kühlt sich ab, das Barometer steigt, es tritt hierauf schönes Wetter ein und in den Nächten fällt reichlicher Thau.

4. Der Samum gehört Westasien an, hauptsächlich dem steinigen Arabien. Sein vollständiger Name ist Bhad-Samum, giftiger Wind; die Türken nennen ihn Samiel, von Sam, Gift, und Yel, Wind. Er weht in den Monaten Juni, Juli, August, blos am Tage, selten bei Nacht, und ebenso ausschließlich auf dem Lande; er erstreckt seine Wirkungen über das steinige Arabien, die Gegenden des Tigris und dringt selbst bis nach Surate vor; selten zeigt er sich im glücklichen Arabien, und Palästina ist durch seine Seewinde gegen ihn geschützt. Die Schilderungen älterer Reisenden von den Wirkungen dieses Windes sind schauerlich; er soll so schnell tödten, daß seine Schlachtopfer kaum Zeit haben zu sagen, daß ein Feuer in ihrem Innern wüthet, sie sollen vor Schmerz den Mund aufsperren und im Delirium sterben, worauf ihnen das Blut aus Nasen und Ohren fließe, die Leichen aber blau werden. Solchen Berichten liegen aber übertreibende Erzählungen der Beduinen zu Grunde, die es freuen mag, unerfahrene Reisende mit den Schrecknissen der Wüste zu ängstigen. Nach den Berichten neuerer Reisenden stimmt, wie zu erwarten ist, der Samum mit dem Harmattan und Chamsin überein. Der Samum ist unstreitig sehr lästig und mag auch daher eigentlich seinen Namen haben, indem Sam nicht nur giftig, sondern auch heiß, unangenehm bedeuten soll. Seine nachtheiligen Wirkungen rühren her theils von dem feinen Sandstaube, den er mit sich führt, und welcher der Luft ein röthliches oder gelbliches Ansehen gibt, woran seine Ankunft vorausgesehen wird, theils von seiner übergroßen Hitze und Trockenheit, wovon jene zwar den Schweiß auspreßt, diese ihn aber sofort wieder wegnimmt und dadurch das Gefühl der mangelnden Ausdünstung erregt. Auf gleiche Weise trocknet er den Gaumen aus, erregt unausstehlichen Durst und in Folge dessen Uebelkeit. Wenn daher berichtet wird, daß einzelne Menschen oder ganze Caravanen durch den Samum ihren Tod gefunden, so waren sie sicher nicht wegen seiner giftigen Eigenschaften, sondern vor Durst umgekommen. Uebrigens schützt das Sichniederwerfen gegen denselben, weil er nie dicht am Boden weht.

5. Ein eigentliches Gegenstück zu den heißen bilden die kalten Winde, die in Tübet, Beludschistan, in den russischen Steppen, in Norwegen und anderwärts wehen. Die kalten Winde Tübets wehen im Winter oft mehrere Tage aus Norden und Nordosten, machen die Haut springen und heißen Buranen, wenn sie in Stürme übergehen, in welchem Falle sie Reisende niederwerfen. Die kalten und schneidenden Winde in Beludschistan, die während der Sommermonate zuweilen wehen, entstehen unerwartet nach vorausgegangener drückender Schwüle und nach den zahlreichen kleinen Wirbelwinden, die den Sand in die Höhe heben, ihn beträchtlich weit fortführen und dann

wieder fallen lassen. Diese Winde sind von Regengüssen begleitet und so heftig, daß die Reisenden hinter ihren Kameelen Schutz suchen müssen, um sie auszuhalten. Ungleich verheerender sind die Wiuga, die mehrmals im Jahre die russischen Steppen heimsuchen. Sie sind von heftigem Schneegestöber begleitet, wie die kalten Winde Norwegens, und durch ihre Gewalt noch mehr als durch ihre Kälte gefährlich; denn während einer Wiuga wagt sich Niemand selbst bei der größten Dringlichkeit aus dem Hause. Häufig kommen Menschen durch diese Stürme um, das Vieh in den Ställen muß hungern und dursten, weil Niemand vom nahen Futter oder Wasser zu holen vermag; im Freien aber bringen sie ganzen Heerden den Tod, weil ihre Dauer gewöhnlich drei Tage währt.

§ 67. Richtung der Winde*). Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, frägt es sich hinsichtlich der Winde zunächst, ob ihre Richtung eine horizontale, oder eine gegen den Horizont geneigte sei. Ueber dem Meeresspiegel, oder weiten Landebenen erscheint die horizontale Richtung für Winde, welche zur Herstellung des Gleichgewichts von der Seite herbeiströmen, die naturgemäßeste zu sein. Allein man sieht leicht, daß diese nicht beibehalten werden kann, sowie der Wind auf seinem Fortgange in Gebirgsgegenden gelangt, welche der gradlinig horizontalen Bewegung der Lufttheilchen Hindernisse entgegensetzen; denn die Luft wird an der dem Winde entgegenstehenden Bergseite emporsteigen und wegen ihrer starken Bewegung an der entgegengesetzten Seite des Gebirgs wieder herabsinken. Dies stört offenbar die horizontale Richtung und wird Ursache einer in Absätzen erfolgenden, stoßweisen Bewegung sowol als einer geneigten Richtung der Winde. Gebirge machen also eine vollkommen horizontale Richtung der unteren, in Bewegung befindlichen Luftschichten unmöglich, und wenn wir auf dem Meere die Entstehung der Wasserwellen aus einem, wenn nicht vertikalen, doch geneigten Stoße des Windes gegen die Wasserfläche ableiten, so zeigt sich uns auch in diesem Falle eine mindestens temporär von der horizontalen abweichende Windrichtung. Es werden aber auch Winde erzeugt durch das Herabsinken kälterer Luftmassen, und es entstehen dadurch Luftbewegungen, die wenigstens eine Zeitlang in einer geneigten oder senkrechten Richtung andauern, und sich nicht gleichmäßig, sondern stoßweise zeigen. Wenn indessen die Winde aus den angeführten Ursachen bei ihrem Entstehen und absatzweise auch bei ihrem Fortgange eine geneigte Richtung haben, so werden sie doch im Großen und Ganzen wegen des Einflusses der Erdoberfläche bald wieder in die horizontale übergehen, und man kann daher, der Abweichungen unbeschadet, den Satz aussprechen, daß im Allgemeinen die Richtung weitaus der meisten Winde eine horizontale sei.

---

*) Siehe Fig. 28 das Bild der Windrose.

Sehr häufig beobachtet man in verschiedenen, oft nur einige tausend Fuß betragenden Höhen entgegengesetzte Windrichtungen, die sich unter verschiedenen Winkeln durchkreuzen, und am deutlichsten am Zug der Wolken wahrnehmbar sind. Man nimmt dabei als Regel an, daß der höchste Wind zuletzt die Oberhand und für längere Zeit die Herrschaft erhalten werde. Bekanntlich dienen zur Beobachtung der Windrichtungen die Windfahnen; allein sie leisten genügende Dienste nur dann, wenn sie sich in weiten Ebenen befinden, oder auf Höhen, die von anderen nahe stehenden nicht überragt werden. Aus diesem Grunde kann man sie in Städten, die am Ausgang oder im Winkel eines Thales und am Fuße eines Berges liegen, in den meisten Fällen als einen Luxusartikel betrachten, indem bei einer solchen Lage die eigentliche Windrichtung aus dem Stand der Windfahnen kaum oder gar nicht mit Sicherheit bestimmbar ist.

Herbeiströmende Luftmassen, welche den hinter ihnen befindlichen Platz machen, erzeugen einen rückwärts sich fortpflanzenden, oder regressiven Wind, wie dieß bei der in einen Blasebalg mit verdünnter Luft tretenden Luftbewegung der Fall ist. Ein progressiver Wind entsteht, wenn eine vertikale Luftmasse bedeutend abgekühlt wird und herabsinkt: denn diese wird sich unten ausbreiten und, als die schwerere Luftmasse, die angrenzende leichtere vor sich hertreiben, wie wir dies bei dem aus einem Blasbalge mit komprimirter Luft strömenden Winde wahrnehmen. Es kann ein solcher progressiver oder Stoßwind auch dadurch entstehen, daß die durch Gewitterregen und noch mehr durch Hagel abgekühlte Luft in Folge ihres größeren Gewichts seitwärts abfließt, wobei dann wieder die oberen Luftmassen herabsinken. Aus beiden Prozessen und in Folge verschiedener mächtig zusammenwirkender Ursachen kann dann eine starke, mit Sturm beginnende Luftströmung progressiver Art hervorgehen, die eine bestimmte Richtung annimmt und diese eine Zeitlang verfolgt. Wie sehr überhaupt die dickere und schwerere Luft das Bestreben habe, in die wärmere und leichtere einzudringen, zeigt sich sehr auffallend in dem Einflusse, welchen die durch große Eismassen in den Polarmeeren erkältete Luft in dieser Beziehung ausübt. Nähert man sich den Eisbergen oder Eisfeldern, so empfindet man sofort einen von ihnen wehenden kalten Wind, und dasselbe ist der Fall, wenn man sich im Sommer unsern Gletschern nähert. Kann die kalte Luft nicht in die warme eindringen, so kann sie unter Umständen doch ein bedeutendes Resistenzmittel gegen die wärmere werden, wie folgende Beobachtungen lehren. Die über mächtigen Eisfeldern ruhende kalte und schwere Luft leistet, zum Theil wol wegen ihrer Adhäsion an dem rauhen Eise, dem Winde einen solchen Widerstand, daß es eine geraume Zeit dauert, bis sogar ein Sturm von der einen Seite solcher großen Massen bis zur anderen gelangt, ja zuweilen bewegt sich die vom Eise kommende Luftströmung dem auf sie von offener See her treffenden Winde entgegen, und

wenn letzterer auch stark ist, so entsteht doch nicht selten ein Kampf beider, welche den Sturm etliche Stunden lang bis auf eine englische Viertelsmeile weit vom Rande des Eises zurückhält.

Das Wichtigste und Umfassendste bezüglich der Windrichtung besitzen wir in dem allgemeinen Drehungsgesetze der Winde, das von Dove aufgefunden worden ist, und sich auf die Strömungen des oberen und unteren Passates gründet (§ 65). Es ist dort gezeigt worden, daß die Luft in der äquatorischen Zone beträchtlich erwärmt wird und mit einer ihrer erhöhten Temperatur entsprechenden Geschwindigkeit sich aufwärts bewegt, daß ferner die Luft aus den kälteren Zonen ohne Unterlaß in jeder der beiden Halbkugeln rund um die Erde herum nach dem Aequator strömt, und zwar in einer Schicht, die hier eine beträchtliche Höhe vom Boden an haben muß, und in den verdünnten Raum eindringt; in den oberen Regionen aber fließt gleicherweise die aufgestiegene, wärmere Luft rund herum in der entgegengesetzten Richtung nach höheren Breiten hin ab. Wenn nun der Aequatorialstrom in der heißen Zone eine bedeutende Höhe hat, so wird er in höheren Breiten sich mehr und mehr senken, weil er sich theils wegen seiner Höhe, theils wegen seines Vordringens in kältere Zonen abkühlt. Die Folge davon wird sein, daß er endlich in die unteren Luftschichten herabkommt. Hier aber begegnet er dem Polarstrom, mit dem er in Kampf geräth, denselben verdrängt und wieder von ihm verdrängt wird, und da er ihm nicht nur nach unten und oben, sondern auch zur Seite weichen muß, so werden wir von gewissen Breiten an die beiden Hauptströmungen theils abwechselnd über und unter einander, theils neben einander treffen. So kommt es, daß es in den gemäßigten Zonen rund um die Erde herum Meridianstreifen gibt, in denen der Polarstrom, und solche, in denen der Aequatorialstrom der untere ist, während in der heißen Zone der Polarstrom stets der untere ist. Es ist früher schon gesagt worden, daß durch diese beiden Hauptströmungen eine Bewegung des ganzen großen Luftozeans entsteht, welche an jedem gegebenen Orte Winde zu erzeugen im Stande sein muß, und wir wissen eben daher, daß die Polarströme keine Meridianwinde sind, sondern auf der nördlichen Halbkugel Nordost-, auf der südlichen Südostwinde, freilich mit allen möglichen Schattirungen vom Nord- oder Süd- bis zum Ostwind. Ebenso sind die oberen Passate keine reinen Süd- oder Nordwinde, sondern auf der nördlichen Halbkugel Südwest-, auf der südlichen Nordwestwinde.

Wenn nun die Erdoberfläche eine durchaus gleichförmige homogene Ebene wäre, so daß die Temperaturverhältnisse der Luft lediglich von der geographischen Breite und der Höhe über dem Meeresspiegel abhingen, so würden erstlich rund um die Erde herum die Passate das ganze Jahr hindurch auf dieselbe Weise wehen, zweitens würde von einer gewissen Grenze an, die sich zwar mit den Jahreszeiten änderte, alle Jahre aber an dieselbe Breite zurück-

kehrte, bis zu den Polen ein regelmäßiger Wechsel von Nordost- und Südwestwinden auf der nördlichen, und von Südost- und Nordwestwinden auf der südl. Halbkugel Statt finden, welcher allein von den Jahreszeiten abhängig wäre. Allein diese Regelmäßigkeit findet sich nicht; denn die Erdoberfläche besteht zum Theil aus Wasser, zum Theil aus trocknem Land, letzteres ist an vielen Orten mit hoch emporragenden Bergketten und Berggipfeln bedeckt; außerdem gehört die stärkste Erhitzung des Bodens und der über ihm ruhenden Luft wegen örtlicher Einflüsse ungleichen Breitegraden an; es modifiziren ferner partielle Erwärmungen trockener und pflanzenleerer, von bewachsenen, wol gar waldigen oder gebirgigen Distrikten umgebenen Ebenen, über denen an sonnigen Tagen ein starker Luftstrom aufsteigt, die herrschenden Windrichtungen bedeutend. Endlich treten zu diesen lokalen Einflüssen noch Berge, die mit Schnee und Eis bedeckt sind, und mit Gletschern erfüllte Thäler, wodurch die Luft abgekühlt wird und herabsinkt. Alle diese und ähnliche Umstände erzeugen die veränderlichen Winde und machen es unmöglich, daß in der gemäßigten Zone die Strömung des oberen und unteren Passates mit festen Epochen und Perioden auftritt. Dessen ungeachtet sind sie aber doch wirklich vorhanden, wie in mittleren und höheren Breiten die Existenz der nordöstlichen und südöstlichen Passate zeigt und hinsichtlich der minder leicht wahrnehmbaren oberen Winde eine Menge von Erscheinungen bezeugen. So lieferten z. B. Beobachtungen auf den kanarischen Inseln das Ergebniß, daß der Südwest- und Westwind im westlichen Europa der dort herabkommende obere Passat ist, welcher, wenn der untere oder Nordostpassat der sich mehr nach Süden wendenden Sonne folgt, stets weiter südwärts in die Nähe der Erdoberfläche gelangt und über diese hin den Polen zuströmt. Strömen daher die beiden Passate in der heißen Zone der eine oben, der andere unten, so fließen sie unter mittleren und höheren Breiten neben einander; dort wird ihre Regelmäßigkeit wenig gestört, hier aber, wo sie mit einander in Konflikt gerathen müssen, sind sie mannigfaltigen Veränderungen und Wechseln unterworfen, welche durch vielerlei lokale Verhältnisse und Umstände, sowie durch Temperaturunterschiede der verschiedenen Jahreszeiten je nach dem Stand der Sonne noch mehr modifizirt werden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in der Mitte zwischen diesen beiden entgegengesetzten Luftströmungen wirbelartig sich drehende Winde entstehen, und daß sich daraus die oft vorkommenden Veränderungen der Winde in der einen oder der entgegengesetzten Richtung erklären lassen. Im Allgemeinen aber sollen, nach Dove, die südlichen Windrichtungen in der gemäßigten Zone der nördlichen Erdhälfte über dem atlantischen Ozean und der Südsee, mit Einfluß der Westküsten, die nördlichen dagegen über dem asiatischen und amerikanischen Kontinente herrschen. Bleiben wir bei der nördlichen Halbkugel stehen, so zeigt sich der Südpassat, insbesondere auf dem Meere, wo örtliche Hindernisse am wenigsten ihren Einfluß aus-

üben, bereits in der subtropischen Zone, und findet sich im Winter, der veränderten Deklination der Sonne zufolge, selbst in der tropischen. In der gemäßigten Zone breiten sich die zwischen beiden Winden erzeugten Wirbel zunehmend mehr aus und veranlassen die Drehung der Winde. Das Gesetz der Drehung, welches Dove vor Allem deutlich erkannte und mit großem Scharfsinn begründete, ist nun seinem wesentlichen Inhalte nach folgendes:

1. Wo in der tropischen Zone nur Polarströme an der Oberfläche herrschen, gibt es keine vollständige Drehung, sondern eine Ablenkung, welche durch die Veränderung der äußeren Grenze des Stromes in Folge der Jahreszeit etwas modifizirt wird. Dies sind die eigentlichen Passate. 2. Wo in der tropischen Zone durch die eigenthümliche Vertheilung des Festen und Flüssigen der Erde einmal im Jahre ein südlicher Strom mit einem nördlichen wechselt, gibt es nur eine Drehung im ganzen Jahre. Dies sind die Moussons. 3. In der gemäßigten, und wahrscheinlich auch in der kalten Zone, wo Aequatorialströme fortwährend mit Polarströmen abwechseln, dreht sich der Wind im Mittel, und zwar öfters, in einem bestimmten Sinne durch die Windrose, und zwar auf der nördlichen Halbkugel von N. durch O., S und W., und springt zwischen N. und O. häufiger zurück als bei anderen Richtungen; auf der südlichen Halbkugel von S. durch O., N. und W., und springt zwischen N. und W., zwischen S. und O. häufiger zurück.

Dove leitete dieses Drehungsgesetz theils aus direkten Beobachtungen ab, theils brachte er es mit anderen meteorologischen Erscheinungen in Verbindung, aus denen sich mittelbare Beweise entnehmen lassen. Bei Ost-Südost- und Südwinden muß das Barometer fallen, bei Südwestwinden in's Steigen übergehen, und bei West- und Nordwestwinden steigen. Eine Zusammenstellung von Beobachtungen zeigte nun, daß dies wirklich der Fall ist, und zwar unabhängig von der täglichen und jährlichen Periode. Aus denselben Beobachtungen geht ferner hervor, daß das Thermometer bei Ost-, Südost- und Südwinden steigt, bei Südwestwinden zum Fallen übergeht, bei West- und Nordwestwinden aber fällt, was gleichfalls für die Existenz des Drehungsgesetzes entscheidet. Wenn ferner nach einem barometrischen Minimum bei SW. der Wind durch W nach NW herumläuft, so rücken am westlichen Horizonte dunkle Wolken herauf, vor denen ein kalter Wind vorausgeht, welcher das Barometer steigen macht, und im Winter Schnee, im Frühling Graupelschauer und im Sommer Gewitter bringt. Sieht man dabei durch die Zwischenräume der höchsten Federwolken, so bemerkt man, daß sie ihre Richtung von SW nach NO ungestört beibehalten; das Barometer steigt sprungweise, die unteren Wolken erheben sich mehr, bis die Wolkendecke bricht. Ebenso verschwinden bei raschem Durchgange des Windes durch N nach NO die obersten feinen Wolken, die Windfahne bleibt im NO stehen, der Himmel wird heiter und das Barometer, sowie die Kälte, haben ihr Maxi-

mum erreicht. Fällt dann das Barometer, so erscheinen auch in den höchsten Regionen die feinen Wolken wieder, bewegen sich in der Richtung von S. oder SW. nach N. oder NO, der Himmel wird trübe oder milchig, wie zu der Zeit, wenn Höfe um Sonne und Mond entstehen, die als sichere Vorboten nasser Witterung gelten, und die Windfahne geht bei fallendem Barometer von O. nach SO. über, so daß sie mit der Richtung der obersten feinen Wolken einen rechten Winkel bildet. Befinden sich dickere Wolken in den unteren Regionen, so werden sie allmälig von den oberen dünneren aufgenommen, und im Winter fällt Regen, wenn der Boden noch hart gefroren ist. Die Windfahne geht rasch durch S nach SW, und es tritt stürmisches, regnerisches Wetter ein. Aus den angeführten meteorologischen Erscheinungen geht deutlich hervor, daß es zwei entgegengesetzte Luftströme gibt, die durch die ganze Atmosphäre hindurchgehen. Die Erscheinungen der Westseite gehören zu einem Uebergange des südlichen Stroms in den nördlichen, wobei das Verdrängen des ersteren durch den letzteren zuerst in den unteren, dann in den oberen Regionen der Atmosphäre erfolgt; die Erscheinungen der Ostseite dagegen bestehen in einem Uebergange des nördlichen Stroms in den südlichen, wobei das Verdrängen des nördlichen durch den südlichen zuerst in den oberen Regionen beginnt. (N. Gehler.)

Den Grund dieser Erscheinungen haben wir, wie unschwer einzusehen ist, in der Temperaturverschiedenheit beider Luftströme, der daraus entspringenden ungleichen Dichtigkeit und dem verschiedenen Gehalt an Wasserdampf zu suchen. Die Verdrängung des nördlichen Stroms durch den südlichen geschieht, da der letztere in den oberen Regionen der äquatorischen Zone seinen Ursprung hat, von oben herab und allmälig, wird aber der südliche Strom durch den nördlichen verdrängt, indem jener entweder auf die Seite gedrückt, oder in die Höhe gehoben wird, so geschieht dies in der Regel mit großer Heftigkeit, es erheben sich Stürme, bei denen der Wind von SW. durch W. nach NW. übergeht, und erst Ruhe eintritt, wenn er nach N. gelangt ist. Daß hierdurch das Barometer und Thermometer affizirt und der Gang der Witterung bedingt wird, geht aus dem Charakter beider Ströme von selbst hervor. Liegen beide Ströme einander gerade gegenüber, so stauen sie sich auf, und wenn keiner derselben über den anderen die Herrschaft gewinnt, so entstehen dichte Nebel, die zuweilen wieder verschwinden, je nachdem der gegebene Ort die Grenze des Zusammenstoßens beider Ströme, oder einen derselben einzeln trifft. Aus dem Kampfe beider lassen sich theils die häufigen barometrischen Schwankungen, theils der Umstand erklären, daß die hervorstechenden barometrischen Maxima und Minima nicht selten in kurzer Zeit auf einander folgen, weil ein schnell fließender, in südlichen Gegenden erzeugter Strom endlich auf einen Widerstand stößt und, durch Uebermacht zurückgedrängt, später das vorher erzeugte Minimum in ein Maximum verwandeln muß.

§ 68. Wenn die beiden Hauptströme, von denen bisher die Rede war, die Ursache der Drehung der Winde sind, so haben wir im Allgemeinen vorzüglich in diesem Windwechsel zugleich die Ursache, von welcher unser Wetter abhängt, d. i. die Kälte, Wärme, Feuchtigkeit, Trockenheit und andere Zustände in der Atmosphäre; hauptsächlich im Winter wird die Witterung fast ausschließlich durch die Windrichtungen bestimmt. Es wäre somit ein Leichtes, die Beschaffenheit des Wetters vorauszusagen, wenn man nur allemal auch vorher wüßte, was für ein Wind zu einer gewissen Zeit wehen werde. Wir wissen, daß im Grunde bei uns nur zwei Winde herrschen, der Südwest- und Nordostwind, welche beide mit einander abwechseln, und alle anderen von dieser Richtung abweichenden Winde sind in den meisten Fällen nur als Uebergänge des einen der beiden Hauptwinde in den anderen zu betrachten, oder entstehen durch schnell vorüber gehende lokale Ursachen und sind alsdann von kurzer Dauer. Es ist nun gar nicht schwer, aus dem Charakter dieser beiden Hauptwinde für alle Gegenden, wo sie wehen, die Beschaffenheit der Witterung im Allgemeinen zu bestimmen. Der vom Nordpol und nördlichen Eismeer stammende, kalte und schwere Nordostwind wird, weil er bei uns wärmere Luft findet, fähig noch mehr Wasserdampf aufzunehmen, als er mit sich führt, und lös't daher unsere Wolken auf; er macht demnach heiteres Wetter, und hat im Winter heiteres Wetter und Kälte, im Sommer Heiterkeit mit mäßiger Wärme zur Folge. In unserem Winter, wenn die Sonne ihre südliche Deklination hat, hat er oft eine mehr nördliche, bei höherem Stand der Sonne aber, in unserem Sommer, eine mehr östliche Richtung (§ 65), und bewirkt große Trockniß, wenn er lange aus Osten weht, indem er alsdann über eine große, fast ununterbrochen zusammenhängende Ländermasse streicht, über welcher er seine wässerigen Dünste niederschlägt, bevor er zu uns gelangt. Dringt dagegen der vom Aequator kommende warme und feuchte Südwestwind in die Gegenden unter mittleren und höheren Breiten ein, so ist er von ungewöhnlicher Wärme und reichlichen Regengüssen begleitet, weil er, in kältere Gegenden gelangend, eine Temperaturverminderung erleidet, die nothwendig Niederschlag zur Folge hat. Deshalb bewölkt sich in der Regel der Himmel, sobald der Südwestwind entsteht; er bringt im Winter Thauwetter, oder wenigstens mildere Witterung und Schnee, im Sommer dagegen meistens Regen und auch kühle Witterung, wenn die Wolken anhaltend den Himmel bedecken, wodurch längere Zeit die Insolation des Bodens gehindert wird. Gelangt er zu uns mit sehr hoher Temperatur, so ist gewiß jedem Beobachter erinnerlich, durch unnatürlich warme Luft auf das Bevorstehen heftiger Stürme aufmerksam gemacht worden zu sein. Hält der Südwest lange an, so theilt er unserer Luft seine Wärme mit, und dann kann der Himmel sich aufheitern. In diesem Falle entsteht bedeutende Wärme, und es erfolgen oft sehr bald Gewitter. Wenn diese beiden entgegen-

gesetzten Luftströme einander verdrängen, so entstehen in der Gegend, wo sie mit einander in Konflikt gerathen, Niederschläge, die um so stärker sein werden, je rascher die Verdrängung geschieht, und heftige Stürme, wenn der Südwest vom Nordost verdrängt wird (§ 67). Die übrigen Winde sind demjenigen der beiden Hauptströme in ihren Wirkungen am ähnlichsten, mit dessen Richtung die ihrige am meisten übereinstimmt. Der Nordwind z. B. ist dem Nordost ähnlicher als der Südwestwind; der Westwind nähert sich dem Südwestwind, allein der Nordwestwind steht zwischen beiden in der Mitte und hat daher von beiden gewisse Eigenschaften. Der Nordwind ist kalt, der Westwind feucht, und der Nordwestwind ist kalt und feucht. Beim Ostwinde bilden sich selten Gewitter, weil bei diesem trockenen Winde nur sehr selten viel Wasserdampf zersetzt wird. Wenn aber mit diesem Winde ein Gewitter heranziehen soll, so geht gewöhnlich eine sehr starke Hitze vorher, wodurch so viel Wasser verdunstet, daß auch der meistens trockene Wind, unter günstigen Umständen, eine bedeutende Menge Wasserdampf absetzen kann.

So wären uns also hinsichtlich der Witterung die Wirkungen der verschiedenen Winde bekannt; man weiß auch, woher und wohin sie wehen, aber unbekannt ist der Zeitpunkt, wann der eine oder der andere dieser Winde eintreten wird, und es ist daher die Prophezeiung der Witterung Monate vorher eitler Wahn. Unsere Witterung besteht allerdings in dem beständigen Kampfe der Polar- und Aequatorialströmung, allein damit weiß noch Niemand zum Voraus, wann für irgend ein Land das Wetter ruhig oder stürmisch, heiter oder regnerisch sein werde. In der Tropenzone zwar gehen die Abweichungen des Witterungslaufes von der einfachen Hauptwirkung im Allgemeinen noch mit einer gewissen Regelmäßigkeit von Statten; allein außerhalb der Tropen, namentlich in der gemäßigten Zone mit ihrem bestimmt hervortretenden Gegensatz der Jahreszeiten, kann von einem regelmäßigen Wechsel der Südwest- und Nordostwinde keine Rede mehr sein; die Zeiträume des Wechsels wie die der Durchlaufung der Windrose werden ungleich, das Drehungsgesetz selbst wird durch Rücksprünge übertreten. „Die Jahre werden ungleich, sagt Reuschle, da das Eintreten der verschiedenen Luftströmungen nicht mehr blos vom Sonnenstand und von der geographischen Breite abhängt. Es wird ganz darauf ankommen, ob ein Land, z. B. Deutschland, in einer gewissen Jahreszeit, z. B. im Februar, in einen beharrlichen Polarstrom, oder in einen beharrlichen Aequatorialstrom fällt, oder in einen Strich raschen Wechsels zwischen beiden, der an der Grenze zweier neben einander herwehender entgegengesetzter Strömungen Statt finden wird; ebenso, nur mit umgekehrtem Erfolg, im Sommer, z. B. im Juni. Es müssen nunmehr kalte und warme Winter, kalte und warme Sommer mit einander abwechseln, und dies in der Art, daß die Erde in der Richtung

Ostwest sich in Meridianräume eintheilt, wovon der eine in demselben Jahr einen milden Winter hat, in welchem der andere strenge Kälte zu leiden hat, oder einen nassen, kühlen Sommer, während ein anderer trockene Hitze hat; und in der That bieten die Jahrgänge so oft einen verschiedenen Charakter dar in Nordamerika, Westeuropa, Osteuropa, Sibirien, so soll der diesjährige (1845), in Westeuropa so äußerst strenge Winter in Rußland einen milden Charakter haben." Solche Gegensätze der Witterung während derselben Jahreszeit in verschiedenen Ländern, z. B. Europa's, können auf den Gedanken einer Ausgleichung führen, der geeignet ist, vor der irrigen Vermuthung zu bewahren, als ob, wenn an einem Flecke der Erde einmal die Witterung ungewöhnlich rauh ist, mit der Erde im Ganzen oder auch mit der Sonne eine Veränderung vorgegangen sein werde. „Mit jenen Andeutungen, fährt Reuschle fort, sind wir aber bereits an der derzeitigen Grenze der Wissenschaft angelangt; freilich erheben sich nun erst die Hauptfragen, deren Beantwortung zu einer, wenn auch nur erst rohen Vorhersagung der Witterung führen könnte; z. B. worauf beruht die ungleiche Dauer der verschiedenen Luftströmungen, wodurch werden besonders die anhaltenden Ströme von der einen oder anderen Hauptrichtung hervorgebracht, welche die Jahrgänge charakterisiren? Gibt es nicht hierin vielleicht einen Kreislauf, eine feste Anzahl von Jahren, nach deren Verfluß die Luftströmungen so zu sagen in ihre alten Betten zurückkehren? Läßt sich, wenn man blos die Hauptverschiedenheiten der Erdoberfläche berücksichtigt und wiederum von kleineren Störungen absieht, das Gesetz des Windwechsels für jede Jahreszeit näher nach den Perioden bestimmen, wenn auch immer noch im Allgemeinen? und dgl. mehr; denn auf solche Fragen führt offenbar die schlußgerechte Verfolgung der obigen Theorie; diese Fragen liegen aber zur Zeit noch einer wissenschaftlichen Beantwortung sehr fern, obwol sie, wenn man nicht zu Einzelnes wissen will und warten kann, nicht für unmöglich zu halten ist. Zur Zeit aber ist sie es schlechterdings, und doch ist es gerade die letzte jener Fragen, auf deren Erledigung durchaus eine, an den Stand der meteorologischen Wissenschaft sich haltende Wettervorhersagung beruhen muß."

Da hier vom Wetter die Rede ist, so darf der alte, oft bestrittene Volksglaube an den Einfluß des Mondes auf unsere Witterung nicht unerwähnt bleiben. Mühsame Beobachtungen und Berechnungen namhafter Physiker der neueren und neuesten Zeit gestatten keinen Zweifel mehr, daß der Mond auf unsere Atmosphäre einen Einfluß ausübt und einen Wechsel der Witterung herbeiführt. Ich theile hier die Resultate einer einzigen Beobachtungsreihe mit, welche Herrenschneider zu Straßburg während 29 Jahren mit denselben geprüften Instrumenten angestellt hat und die, nach dem Urtheile Munckes, ein vorzügliches Vertrauen verdient. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß das Barometer während des synodischen Umlaufes im Ganzen

gegen die Zeit des Vollmondes regelmäßig sinkt und gegen die Zeit des Neumondes steigt, daß aber zugleich um die Zeit des Neumondes oder bald nach dieser Mondphase ein zweites geringes Steigen sichtbar wird, dem ein geringes Sinken vorausgegangen ist. Die geringe Größe dieses zweiten Unterschiedes zu Karlsruhe in so geringer Entfernung von Straßburg läßt vermuthen, daß diese letztere Schwankung an manchen Orten wol gar nicht vorhanden, und daher minder konstant als die erstere sein könnte. Ein weiterer Einfluß der Lunistitien zeigte sich nicht, und es scheint aus den bisher vorhandenen Angaben hervorzugehen, daß die übrigen Verhältnisse der Mondstände gegen die Erde von keinem bedeutenden Einfluß seien. In Bezug auf die veränderliche Quantität der Hydrometeore zeigen obige Beobachtungen ein allen Jahreszeiten zugehöriges Maximum der Regenmengen um die Zeit des Vollmondes, und ein Minimum um die Zeit des vierten Oktanten, beide diesen Mondphasen entweder etwas vorausgehend, oder ihnen nachfolgend. Blos im Frühling findet hievon eine Ausnahme Statt, indem dann das Maximum in das letzte Viertel, das Minimum aber auf den zweiten Oktanten fällt. Beachtenswerth ist der auffallende Unterschied zwischen dem Winter und dem Sommer, die zwar darin übereinstimmen, daß für beide das Minimum in den vierten Oktanten fällt, darin aber sich wesentlich von einander unterscheiden, daß im ersten das Maximum ebenso entschieden in den Neumond, als in dem letzteren in den Vollmond fällt. Wird der anomalistische Mondlauf untersucht, so ist im Perigäum das Barometer am tiefsten, die Zahl der Regentage und die Regenmenge dagegen am größten; im Apogäum erreicht das Barometer den höchsten Stand, die Regenmenge kommt auf das Minimum, sowie die Zahl der Regentage. Vom Perigäum zum Apogäum steigt das Barometer und die Regenmenge nimmt ab, vom Apogäum zum Perigäum sinkt das Barometer und die Regentage wie die Regenmenge nehmen zu, beides ganz regelmäßig. — So stellt sich also unzweideutig ein Einfluß des Mondes auf unsere Atmosphäre heraus, aber im Ganzen sind diese Wirkungen so klein im Vergleich mit denen, die durch andere Ursachen erzeugt werden, daß wol hierin der Grund liegt, warum sie so lange verborgen blieben, oder wenigstens bezweifelt wurden.

Wenn nun aber, dem Obigen zufolge, die Windrichtungen unbestreitbar den wichtigsten Einfluß auf die Witterung ausüben, so liegt vor Augen, daß sie in vielfacher Beziehung auch das p h y s i s c h e C l i m a bestimmen werden, in sofern wir unter diesem Ausdruck verstehen: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Druckes, den ruhigen oder bewegten Luftzustand, die Größe der elektrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre und endlich den Grad habitueller Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels. Es ist dieses so einleuchtend, daß eine bloße Andeutung dieser Beziehung von Klima und Winden genügen kann.

Lichtmeteore.

§ 69. Die Meteore, zu deren Betrachtung wir nunmehr übergehen, werden bewirkt durch die Brechung der Lichtstrahlen (Refraktion), mit deren Gesetz wir uns zuvörderst bekannt zu machen haben.

Wir haben schon oben, § 50, gesehen, daß die Lufttheilchen die Eigenschaft besitzen, einen Theil des auf sie fallenden Lichtes zu reflektiren. Verschieden von der Reflexion ist die Refraktion des Lichtes, welche eine andere Art ist, den Lichtstrahl in seinem gradlinigen Fortgang zu unterbrechen. Geht nämlich der Lichtstrahl aus irgend einem durchsichtigen Medium in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit über, so ändert er an der Oberfläche des letzteren seinen bisherigen Weg, indem er von demselben abgelenkt wird. Diese Brechung findet ganz allgemein und allemal Statt, wo ein Lichtstrahl in einer anderen als der senkrechten Richtung aus einem durchsichtigen Medium in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit übergeht. Es sei in Fig. 29 ab diejenige Fläche, welche ein gegen c zu gelegenes dünneres Medium von einem dichteren auf der Seite von d trennt. Ist cd normal auf ab und es trifft ein von f kommender Lichtstrahl die trennende Fläche in e, so geht er nicht den geraden Weg nach i fort, sondern wird nach g abgelenkt, so daß seine neue Richtung der Normale ed näher liegt als die frühere, d. h. er wird gegen die Normale, oder gegen das dichtere Medium hin abgelenkt, und erscheint wie gebrochen. Einem Auge in g, welches diesen Lichtstrahl empfängt, muß es demnach so scheinen, als komme er nicht von f, sondern von h her.

Nimmt man an, das dichtere Mittel befinde sich auf der Seite, von welcher der Lichtstrahl kommt, so würde er in e, wo er in das dünnere Mittel übergeht, eine Richtung annehmen, die ihn von der Normale ed weiter entfernt. Ist he ein solcher Strahl, so wird er, in e angekommen, nicht die frühere Richtung nach g zu, sondern die neue nach i verfolgen.

Der Winkel, welchen der einfallende Lichtstrahl mit der Normale macht, heißt der Einfallswinkel, der Winkel, den er im Fortgang durch das andere Medium mit der Normale macht, und der vom Einfallswinkel verschieden ist, heißt der gebrochene Winkel, und den Unterschied beider Winkel nennt man die Brechung. Für den Strahl fe ist also fec der Einfallswinkel, ged der gebrochene und ieg die Brechung. In den meisten Fällen ist die Brechung um so größer, je dichter das Medium ist, in welches der Lichtstrahl übergeht; indeß machen davon die brennbaren Körper eine Ausnahme, die das Licht viel stärker brechen, als es ihrer Dichtigkeit gemäß ist. Geht im weiteren Verlauf der Strahl aus dem dichteren Medium wieder in's gleiche dünnere über, so wird er auf's Neue gebrochen, aber von der Normale abwärts, d. i. er verfolgt seine ursprüngliche Richtung, vorausgesetzt,

daß die Fläche, von der er abgeht, derjenigen, auf die er auffiel, parallel ist.

Wenn das dünnere Mittel nicht in einer einzigen Ebene plötzlich in das dichtere übergeht, sondern wenn die Dichtigkeitszunahme eine stetige und allmälige ist, so wird der Lichtstrahl nicht, wie feg, eine gebrochene Linie, sondern eine Kurve bilden, indem er in jedem Augenblick eine Veränderung seiner Richtung erfährt. Wenn ab die obere, cd die untere Grenze einer Luftmasse ist, welche aus unendlich vielen Schichten von zunehmender Dichtigkeit besteht, so wird der Strahl ei nicht seine Richtung nach f hin fortsetzen, sondern von i an unendlich viele Ablenkungen näher der Normale hin erfahren und eine Kurve ig beschreiben. Die Tangente dieser Kurve, gh, wird demnach die Richtung sein, aus welcher der Lichtstrahl für ein in g befindliches Auge zu kommen scheint, während seine wahre ursprüngliche Richtung ef ist. Der Winkel efh ist folglich die Summe sämmtlicher Brechungen, die der Lichtstrahl nach und nach erfahren hat, und diesen Winkel nennen die Astronomen Refraktion.

Ist die Rede von der Brechung der Lichtstrahlen, die von Himmelskörpern zu uns gelangen, so ist in diesem Falle die Normale die Scheitellinie; der Einfallswinkel, wie der gebrochene Winkel sind Zenithdistanzen, ersterer die wahre, letzterer die scheinbare. Man sieht leicht, daß die Refraktion im Zenith gleich Null, von da bis zum Horizont immer größer und am Horizont selbst am größten sein wird, und daß dieselbe mit steigendem Barometer und sinkendem Thermometer wachsen muß, indem jener die veränderte Expansion, dieses die veränderte Wärme, beide meteorologische Instrumente also die Veränderung der Luftdichtigkeit messen. Will daher der Astronom die Beobachtung eines Sterns vom Einfluß der Refraktion befreien, so hat er außer der scheinbaren Zenithdistanz auch den Stand des Barometers und Thermometers zu beobachten. Die mittlere Größe der Refraktion am Horizont ist etwa dem scheinbaren Sonnendurchmesser (32 Minuten) gleich, und ist für höher liegende Orte natürlich geringer. „Sie nimmt keineswegs, sagt Mädler, der Höhe proportional, sondern Anfangs sehr rasch ab; in 12° Höhe beträgt sie etwa noch 6, in 45° Höhe 1 Minute, näher dem Zenith beträgt ihre Abnahme für jeden Grad etwa 1 Sekunde, bis sie im Zenith selbst gleich Null ist. Aus diesem Grunde erscheinen die Sonne und der Mond am Horizont selbst nicht als Kreise, sondern gleichsam plattgedrückt, als Ellipsen. Es sei (Fig. 31) AH der Horizont, und die Sonne berühre denselben (die Refraktion hinweggedacht) mit ihrem oberen Rande s. Der untere Rand s wird um den vollen Durchmesser, also bis s, der obere s aber, aus der oben angegebenen Ursache, nur bis s' gehoben, und so entsteht (da die Seitenränder in vertikaler, folglich mehr paralleler Richtung gehoben werden) die Figur a s' b s, die vom Kreise so viel abweicht,

als der Unterschied der Refraktionen für den unteren und oberen Sonnenrand beträgt." Aus demselben Grunde geht irgend ein Stern scheinbar früher auf und später unter, als wirklich der Fall ist, und dies muß, auf die Sonne angewendet, eine Verlängerung des Tages zur Folge haben.

Man nennt diese Refraktion die astronomische, bei welcher sich die gesehenen Körper außerhalb des Luftkreises befinden. Es kann aber der gesehene Körper auch innerhalb desselben sein, aber in einer Höhe, die von der des Auges verschieden ist, so daß mithin der von ihm kommende Lichtstrahl aus Lufttheilchen von anderer Dichtigkeit, als diejenige ist, in der wir uns befinden, zu uns gelangt. Auch in diesem Falle wird der Weg des Lichtstrahls gegen die Erde zu konkav und der gesehene Körper scheinbar erhöht werden. Man hat diese Erscheinung die terrestrische Refraktion genannt, und sie ist nach Jahres- und Tageszeiten veränderlich. Bergspitzen, Thürme, Signalpyramiden, die man sonst ihrer Entfernung wegen nicht sehen kann, treten durch sie hoch über den Horizont empor.

Eine erst in neuerer Zeit erklärte, obwol vorher häufig gesehene, sonderbare und oft grausam täuschende Erscheinung der terrestrischen Refraktion ist die Luftspiegelung oder Kimmung (Mirage, Looming, Fata morgana.) Sie ist bei Tag und bei Nacht beobachtet worden, bei Nacht von Mädler, als er auf Pulversignale achtete, deren er zwei in bestimmter Distanz und Richtung über einander sah, und das obere stets ein wenig schwächer als das untere wirkliche. Sie zeigt sich ferner in der kalten, wie in der gemäßigten und der heißen Zone, über Sandwüsten wie über dem Meere, namentlich an Gegenküsten (Meerenge von Messina, Pas de Calais). Die Erscheinung ist nach Orten und Umständen verschieden, und Morgens und Abends am häufigsten. Entfernte Gegenstände geben schlecht begrenzte Bilder, welche jeden Augenblick zu zerreißen und sich wieder zusammenzusetzen scheinen, und dies ist gewöhnlich der Fall, wenn die Luft an der Temperatur des durch die Sonnenstrahlen erhitzten Erdbodens Theil nimmt, wodurch mehr oder weniger regelmäßige Luftströmungen entstehen, in Folge deren die Luft in eine mit bloßem Auge wahrnehmbare schwingende Bewegung gesetzt wird. Diese Luftströmungen veranlassen auch, daß man Gegenstände zu sehen glaubt, die gar nicht vorhanden sind, namentlich Mauern und Thürme, was durch die starken vertikalen Verlängerungen der Objekte zu erklären ist. Andere Male sieht man von einem Schiffe, welches sich genau im Horizonte befindet, sehr deutlich das direkte Bild, aber auch ein umgekehrtes, sehr regelmäßiges und senkrecht über dem direkten stehendes Bild, so daß die Spitzen der Masten in beiden Bildern zusammenfallen, oder das umgekehrte Bild des Schiffes wird auch wol unter dem anderen gefunden. Auf ähnliche Weise sah Mädler von Arkona aus das Spiegelbild der Insel Morn einen ganzen Tag hindurch deutlich und bestimmt begrenzt aus der Luft herabhängen; gegen

Abend senkte sich die Spiegelung und die herabhängenden Bergspitzen derselben vereinigten sich mit denen der wirklichen Insel. In den grönländischen Meeren sind Erscheinungen dieser Art nichts Seltenes. Sobald sich nämlich dort die Sonne zeigt, bekommen die Luftschichten, welche die Meeresoberfläche berühren, sehr schnell eine höhere Temperatur, als die Luftschichten in einigen Fuß Höhe, und die ungewöhnlichen Lichtbrechungen verursachen die verschiedensten und zum Theil sehr phantastische Erscheinungen. Ein Engländer sah einst in Ramsgate das Schloß von Dover, dessen größter Theil von genanntem Orte aus durch einen vorliegenden Hügel verdeckt ist, gegen Abend mit allen seinen Theilen bis an die Grundfläche, so daß es durch die terrestrische Strahlenbrechung dem Boden oder dem Meeresspiegel enthoben und in die Luft hinaufgerückt war. Solche Erscheinungen lassen sich im Allgemeinen leicht auf folgende Weise erklären. Es sei (Fig. 32) ab die Oberfläche z. B. des Meeres, und 1, 2, 3, 4, 5 ꝛc. seien Luftschichten von ungleicher, regelmäßig abnehmender Dichtigkeit, wie dieses bei der Luft unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Temperatur von der Oberfläche der Erde an gerechnet allezeit der Fall ist, welche aber zugleich auch durch starke Erwärmung des Bodens oft von unten nach oben für nicht bedeutende Höhen an Dichtigkeit merklich zunimmt; so gelangen gekrümmte Lichtstrahlen von a in das Auge c des Beobachters, das Bild des Schiffes erscheint in der Luft, weil das Auge dasselbe in die Richtung der Tangente cd setzt, und zwar wird das Bild umgekehrt erblickt werden. — Im Jahr 1798 wurde die franz. Armee in Aegypten durch eine Luftspiegelung bitter getäuscht. An den Ufern des Nils in Unterägypten und bis in große Entfernungen nach der Wüste zu bemerkt man östlich und westlich kleine Erhöhungen, worauf sich Gebäude und Dörfer befinden. Die Luft ist gewöhnlich still und sehr rein, so daß man bei Sonnenaufgang die entferntesten Gegenstände vollkommen deutlich unterscheiden und einen weiten Horizont übersehen kann. Wenn völlige Windstille herrscht und die auf dem Boden ruhenden Luftschichten unbeweglich bleiben, während sie sich durch ihre Berührung mit dem Boden erhitzen, so tritt die Erscheinung der Luftspiegelung in ihrer ganzen Pracht hervor. Ein entfernter Beobachter sieht noch deutlich das direkte Bild der Dörfer, Palmen und aller etwas hoch liegender Gegenstände, aber unter denselben sieht er auch ihr umgekehrtes Bild, und folglich nicht mehr den Boden, auf welchem sie stehen. Alle erhöhten Gegenstände erscheinen so, wie wenn sie sich mitten in einem großen Landsee befänden und von demselben reflektirt würden, und der Anblick des Himmels macht diese Täuschung vollständig, denn man sieht denselben ebenfalls so, wie man ihn durch Reflexion auf der Oberfläche eines stehenden Wassers sieht. Wenn daher die franz. Soldaten in den brennenden Ebenen Aegyptens, ermüdet durch starke Märsche in einer von heißem Sand erfüllten Luft, sich nahe am Ufer eines Gewässers wähnten, so wich dasselbe, je mehr sie vorwärts marschirten,

immer mehr vor ihnen zurück, und wurde so allerdings zu einer grausamen Täuschung für die beinahe Verschmachtenden. Der bei der Armee befindliche Physiker Monge, der einige Zeit wie die Uebrigen getäuscht wurde, entdeckte bald die Ursache dieser Erscheinung, zu deren Erklärung Fig. 33 dient. Ist ab ein Theil des horizontalen Erdbodens, so lehrt die Erfahrung, daß die unteren Luftschichten in Folge der Wärmewirkung der Sonnenstrahlen vom Boden an bis zu einer gewissen Höhe eine zunehmende Dichtigkeit annehmen können, welche in dieser Höhe fast konstant wird, und dann nach den gewöhnlichen Gesetzen der Atmosphäre abnimmt. o sei nun ein hochliegender Gegenstand, a das Auge eines Beobachters, der durch die der Linie ao zunächst liegenden Lichtstrahlen ein direktes Bild des Gegenstandes sieht. Die Lichtstrahlen gelangen zwar nicht in völlig geraden Linien zum Auge, weil zwischen a und o die Luft nicht von gleicher Dichtigkeit ist, sie erfahren aber doch nur geringe Biegungen, woraus blos eine gewisse Unregelmäßigkeit in den Umrissen des Bildes entsteht. Aber unter den Lichtstrahlen, die der Thurm o nach allen Richtungen aussendet, befinden sich solche, die den Weg oma nehmen, demnach in der Richtung ap ein umgekehrtes Bild des Thurmes geben, wie wenn derselbe im Wasser reflektirt würde. In der That muß der Lichtstrahl o, welcher in schiefer Richtung in die Schichte c', welche nicht so stark als die Schichte c bricht, tritt, gebrochen und von der Normale entfernt werden. Aus demselben Grunde muß er auch beim Uebergange aus der Schicht c' in die Schicht c'' wieder gebrochen und von der Normale entfernt werden u. s. w. Der Lichtstrahl nimmt also fortwährend eine immer mehr geneigte Richtung an, bis er zuletzt eine zu dem Boden parallele Richtung hat und nicht mehr aus der Luftschicht, in der er sich befindet, in eine folgende, weniger brechende, übergehen kann, sondern er wird dann in der Luftschicht c''' reflektirt und setzt seinen Weg gegen das Auge a in Folge successiver Brechungen in einer der früheren entgegengesetzten Richtung fort, so daß folglich das Auge den Gegenstand o in der Richtung ap und in einer Lage erblickt, welche mit dem Punkte o gegen die Ebene nv, auf welcher die Reflexion Statt findet, fast symmetrisch ist. Der Anblick des Himmels zwischen dem direkten und reflektirten Bilde verursacht die Täuschung, als ob man Wasser sähe.

§ 70. Die Brechung der Lichtstrahlen ist zugleich von einer Zerlegung des Lichtes begleitet, die eine Entfaltung seiner F a r b e n ist. Wenn ein Sonnenstrahl gradlinig fortgeht, wenn er gespiegelt zurückgeworfen wird, wenn er einen durchsichtigen Körper ungebrochen durchdringt, so bleibt der ungefärbte Strahl ungefärbt, oder weiß; aber wenn er eine Brechung erleidet, so erscheint er gleichsam gespalten, oder vielmehr fächerartig ausgebreitet. Läßt man nämlich durch eine enge Oeffnung im Fensterladen einen Lichtstrahl in ein dunkles Zimmer treten und fängt ihn auf seinem Wege

durch ein Glasprisma auf, so wird er sowol bei seinem Eintrit in das Glas als auch wieder bei seinem Austritt gebrochen, und anstatt einen Kreis von weißem Lichte zu bilden, wie er gethan hätte, wenn er in seiner ursprünglichen Richtung fortgegangen wäre, beleuchtet er auf einem Bogen weißen Papiers einen länglichen Raum mit verschiedenen Farben, er erzeugt ein Farbenbild, das man Spektrum nennt. So wird also der weiße, ungefärbte Lichtstrahl durch die Brechung in farbige, immer in derselben Ordnung auf einander folgende Strahlen zerlegt, nämlich in den rothen, orangefarbenen, gelben, grünen, blauen, indigofarbenen und violetten. Die Trennung der Farben findet vollkommen Statt, und unter den sieben gefärbten Strahlen erleidet der rothe immer die geringste Ablenkung vom ursprünglichen Wege, während der violette bei seinem Austritt aus dem Prisma den größten Austrittswinkel bildet, also stärker brechbar ist als der rothe. Natürlich haben die zwischenliegenden Farben auch zwischenliegende Brechbarkeiten.

Die Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre hat zahlreiche meteorologische Lichterscheinungen zur Folge, von denen ich mich auf diejenigen beschränke, deren Theorie hinlänglich begründet ist.

1. Die Morgen- und Abendröthe, zwei allbekannte Erscheinungen, die indeß in verschiedenen Gegenden und an verschiedenen Tagen schwächer oder stärker sind. Die Abendröthe ist bekanntlich ein bald mehr röthlicher, bald mehr gelber, oft auch fast weißer Glanz am dunstreichen Abendhimmel, kurz vor und besonders nach dem Untergang der Sonne. Zuweilen sieht man den wolkenlosen Abendhimmel grün, während der östliche Horizont mit einem rothen Schimmer leuchtet. Am glänzendsten zeigt sich die Abendröthe, wenn bei tiefblauem Himmel einige Wolken am Horizonte stehen. Sind es Cirro-Stratus, so stellen sie sich vor Sonnenuntergang meistens als hellgraue Streifen mit hellen Rändern dar, und erhalten nachher goldgelbe und endlich feuerrothe Ränder, während ihr im Schatten liegender Theil dunkelblau, oder wenn dieses Dunkelblau etwas von der rothen Erleuchtung der Hinterseite durchscheinen läßt, mit tiefem Purpur gefärbt erscheint. Erhöht wird die Pracht des wechselnden Glanzes und Farbenspiels besonders dadurch, wenn die Cirro-Stratus über und unter, oder hinter einander stehen, wodurch die Färbung der Wolken ungleich wird, so daß sich einige schon dunkelfeuerroth zeigen, während andere, scheinbar daneben stehende, noch gelb sind.

Man läßt die Morgen- und Abendröthe durch eine solche Brechung und Zurückwerfung des Sonnenlichtes entstehen, daß dabei allein die rothen Strahlen in unser Auge gelangen, indem entweder die reine Atmosphäre selbst oder die darin schwebenden Wolken nur die rothen Strahlen zurückwerfen, die übrigen aber verschlucken. Brandes erblickt im Feuerroth der Abendröthe die Ergänzung zum Blau des Himmels, und erklärt die Entstehung beider

Farben auf folgende Weise. Ein Theil der auf die Atmosphäre fallenden Lichtstrahlen, und zwar der größte Theil, wird von ihr durchgelassen, ein kleinerer Theil wird zurückgeworfen, weshalb uns das wolkenlose Himmelsgewölbe glänzend hell erscheint. Unter diesen reflektirten Strahlen haben die blauen bei Weitem das Uebergewicht, denn der dunstfreie Himmel ist blau, statt daß er weiß sein würde, wenn alle Farbenstrahlen gleich gut zurückgeworfen würden, und Brandes schließt daher mit Recht, daß die durchgelassenen Lichtstrahlen ein ebensolches Uebermaß an Feuerroth zeigen müssen, wie es die zurückgeworfenen an Blau zeigen. Denn wenn z. B. von tausend auffallenden Lichtstrahlen achthundert ungeändert durch die Atmosphäre hindurch gehen, hundert gänzlich zurückgeworfen werden, und von den übrigen hundert das Blau zurückgeworfen wird, so müssen die sämmtlichen durchgehenden Strahlen als etwas mehr in's Rothe fallend erscheinen, weil sich mit den achthundert weißen Strahlen hundert mischen, die allein genommen den Eindruck eines reinen Orange auf das Auge machen würden. Da die blauen und violetten Strahlen die am meisten brechbaren sind, so kann man auch sagen, daß die am meisten brechbaren Strahlen in größerem Maße von der Atmosphäee zurückgeworfen, die minder brechbaren in größerem Maße durchgelassen werden. Die ganz reine, von Dünsten freie Luft wirft verhältnißmäßig weniger weißes Licht zurück, und daher ist bei recht reiner Luft und auf hohen Bergen die Luft dunkelblau, obgleich gewiß nie die von da zu uns gelangenden Lichtstrahlen ohne alle Beimischung weißen Lichtes sind. Die wässerigen Dünste dagegen werfen die Lichtstrahlen unzerlegt zurück und wir sehen daher den Himmel weißlich, wenn die Luft mit Dünsten erfüllt ist, und dieses ist gegen den Horizont hin vorzüglich der Fall, weil unsere Gesichtslinie da so weithin durch Dünste geht, daß die von ihnen zurückgeworfenen Lichtstrahlen uns das Blau, welches die höheren Lichtstrahlen zurückwerfen, fast ganz entziehen. — Aus diesen Betrachtungen läßt sich nicht nur übersehen, daß das Abendroth als mit den von der Atmosphäre durchgelassenen Strahlen übereinstimmend anzusehen ist, sondern auch, daß das dunklere oder weißlichere Blau des Himmels uns schon voraussagen kann, ob wir eine recht tief rothe, oder nur eine gelbe oder weißliche Abendröthe zu erwarten haben. Ist nämlich die Luft bis zur Wolkenregion hinauf mit Dünsten erfüllt, so daß der Himmel am Tage matt blau und weißlich erscheint, so kann auch die Abendröthe nicht schön sein. Es ereignet sich nämlich dann beinahe das, was völlig eintreten würde, wenn die Atmosphäre alle Lichtstrahlen gleich zurückwärfe; denn dann würde der Himmel vollkommen glänzend weiß erscheinen, aber auch die durchgelassenen Lichtstrahlen würden zwar geschwächt, aber farbenlos, weiß sein. Dagegen erscheint die Abendröthe in ihrer schönsten Pracht, wenn der Himmel recht tief blau ist, vorzüglich wenn dann einige einzelne Wolken von ihren Strahlen erleuchtet

werden. Oft sieht man schon vor Sonnenuntergang den Himmel um den ganzen Horizont röthlich gelb, und diese Röthe nimmt bis kurz nach dem Untergange der Sonne am ganzen Horizonte zu. Die Dünste nämlich am Horizonte werfen das empfangene Licht ziemlich unverändert zurück, und sowie am Tage die Luft uns um den Horizont weiß erscheint, so muß sie uns jetzt eben das gelbe oder röthliche Licht wie die Sonne selbst darbieten; aber ein noch mehr rothes Licht als die Sonne selbst, weil dieses reflektirte Licht bei seinem Durchgange durch die Luft abermals einen Theil seiner im Weiß noch enthaltenen blauen Strahlen verliert. Ist die Sonne untergegangen, so sieht man sehr oft einen leichten Purpur das ganze Blau des Himmels gleichsam überdecken, — offenbar ist dies das rothe Licht, welches die von der Sonne beschienenen Dünste, oder wie man oft deutlich sieht, die von ihr beschienenen zarten Wolkenfederchen, die in den höheren Gegenden der Luft schweben, zurückwerfen. Die ungleiche Färbung scheinbar neben einander stehender Wolken, von denen die einen schon dunkel feuerroth, während andere noch gelb sind, leitet Brandes von ihrer höheren oder tieferen Stellung in der Atmosphäre ab, und in der That erlangen auch die mehr weiß oder gelb erscheinenden Wolken später die feuerrothe Farbe ganz so, wie es für höhere Gegenstände, denen die Sonne etwas später untergeht, der Fall sein muß. — Das Grün am Abendhimmel, das ich bei heiterem Wetter in Chur oftmals, besonders im Sommer, gesehen habe, scheint daher zu kommen, daß das Gelb und Blau, wie in einander verwaschene Tinkturen, einen grünlichen Uebergang bilden. — Die angeführten optischen Betrachtungen lassen sich auch auf die **Morgenröthe** anwenden.

2. **Höfe, Nebensonnen und Nebenmonde.** Die Höfe, die man zuweilen um die Sonne oder den Mond sieht, sind gefärbte Kreise, worin das Roth nach Innen liegt. Gefärbt erscheinen vorzüglich die Sonnenhöfe. Zuweilen sieht man nur einen, zuweilen auch zwei oder mehrere mit einander gleich laufende Ringe. Ihr innerer Rand ist gemeiniglich ziemlich scharf begrenzt, nicht aber der äußere, der auch weniger gefärbt ist. Der halbe Gesichtswinkel des Kreises, welchen der innere Rand bildet, beträgt etwa 23°, und der dem äußeren Rande entsprechende 46°. Es geschieht selten, daß man den Hof von 23° und den von 46° zugleich sehen kann; ebenfalls selten erscheinen mehrere sich kreuzende Höfe. Es ist übrigens dieses Meteor nicht bloß auf Sonne und Mond beschränkt, sondern selbst um die Venus und um große Fixsterne ist es gesehen worden, und die einen Physiker erklären dasselbe dadurch, daß sie annehmen, es befinde sich in der Atmosphäre eine Menge kleiner Eisnadeln, welche das Sonnenlicht brechen. Das krystallisirte Eis bildet nämlich regelmäßige dreiseitige Prismen, deren Seitenflächen Winkel von 60° mit einander bilden und auf den Grundflächen senkrecht sind. Nimmt man nun an, daß die Achsen dieser Prismen horizontal und ihre Seitenflächen

die gehörige Lage haben, so wird die kleinste Ablenkung, welche sie den Sonnenstrahlen ertheilen, für das rothe Licht etwa 23° betragen. Der Hof von 46° wird durch die Annahme erklärt, daß die Achsen der Eisprismen eine schiefe Lage haben, so daß der rechte Winkel, welchen die Seitenflächen mit der Grundfläche bilden, alsdann der brechende Winkel ist. Die kleinste Ablenkung beträgt für diesen brechenden Winkel von 90° ungefähr 46°. Diese Erklärungsart gewinnt viel an Wahrscheinlichkeit durch die Wahrnehmung, nach welcher sich die Höfe auch zeigen, wenn man die genannten Himmelskörper durch gefrorene Fenster, oder noch besser und von vorzüglicher Schönheit, wenn man sie durch die feinen oktaedrischen Alaunkrystalle betrachtet, nachdem man einen Tropfen einer gesättigten Auflösung desselben auf eine Glasscheibe hat tröpfeln lassen. Ein Hof zeigt sich indeß auch, wenn man ein Licht durch dichten Wasserdampf betrachtet, und darum wird die Erscheinung der Höfe von anderen Physikern aus der Lichtbrechung in nicht gefrorenen Dunstbläschen erklärt.

Viel seltener sind die Nebensonnen und Nebenmonde, deren Zahl zuweilen eine vielfache in den sich schneidenden Höfen ist. Es sind Bilder der Sonne und des Mondes, welche sich neben und über diesen Himmelskörpern zeigen. Die besten Physiker erklären auch diese Erscheinung, deren Untersuchung sehr umfangreich und schwierig ist, aus Eisprismen, die das Sonnenlicht brechen. Leichter erklärlich ist die nicht seltene Erscheinung der rothen Sonne, deren Strahlen durch Nebelschichten zu uns gelangen.

3. Der Regenbogen, oder der allbekannte farbige Bogen, der sich im herabfallenden, von der Sonne beschienenen Regen zeigt; Regengalle heißt an einigen Orten der unvollkommene Regenbogen, von dem nur Stücke nahe am Horizont gesehen werden. Jedermann weiß, daß man, um einen Regenbogen zu sehen, der Sonne den Rücken zukehren und eine Wolke betrachten muß, aus welcher der Regen herabfällt, der von der Sonne erleuchtet wird. Alsdann kann der in der Luft entstehende farbige Bogen als ein Theil der Grundfläche eines Kegels betrachtet werden, dessen Spitze im Auge des Beobachters liegt und dessen rückwärts verlängerte Achse genau durch den Mittelpunkt der Sonne geht. Ist das Meteor vollständig, so sieht man zwei farbige Bogen, die konzentrisch sind und ihren Mittelpunkt genau der Sonne gegenüber haben. Der innere Bogen heißt seiner viel lebhafteren Farbe wegen der Hauptregenbogen, der äußere der Nebenregenbogen. Der erstere zeigt die Farben des prismatischen Farbenspiels, und zwar macht das Roth den äußeren Rand, oder der Halbmesser des rothen Bogens ist größer als der Halbmesser der übrigen im Hauptregenbogen vereinigten Farbenbogen. Die Farben gehen sehr verwaschen in einander über. In dem äußeren Regenbogen erscheinen die Farben in entgegengesetzter Ordnung, so daß das Roth den inneren, das Violet den äußeren Rand bildet. Daß die Regen-

tropfen, und nicht die Wolke, die Veranlassung zur Entstehung des Regenbogens abgeben, ersieht man daraus, daß der untere Theil des Regenbogens oft in seinem vollen Glanze vor Gegenständen auf der Erde sichtbar ist und dieselben wie mit einem in den prismatischen Farben leuchtenden Firniß zu bedecken scheint; steht der Beobachter hoch, so kann er den Regenbogen zuweilen, als beinahe einen ganzen Kreis bildend, auch vor den nicht sehr entfernten, unter ihm liegenden Gegenständen sehen.

Es ist gar nicht zu bezweifeln, daß die Erscheinung des Regenbogens von einer besonderen Modifikation herrührt, welche das Sonnenlicht in den Regentropfen erfährt. Man denke sich (Fig. 34) eine gerade Linie ah, welche durch den Mittelpunkt der Sonne und durch das Auge des Beobachters in a geht und gegen Osten fortläuft. (Es versteht sich von selbst, daß bei der geringen Höhe einer regnenden Wolke über der Oberfläche der Erde und der großen Entfernung der Sonne von uns zwei parallele Linien vom Standpunkt des Beobachters und irgend einem Regentropfen verlängert in demselben Punkte der Sonne zusammentreffen werden.) Eine zweite gerade Linie, al, schneidet die erste horizontale, ah, im Auge des Beobachters und bildet mit ihr einen Winkel von 42° 1′ 40″ und geht unbestimmt weit in die Wolke fort. Endlich stelle man sich vor, daß sich diese zweite Linie um die erste so drehe, daß sie eine Kegelfläche beschreibe, von der wir blos die obere Fläche zu betrachten haben. Die Linie al trifft auf eine Menge Regentropfen, von denen wir blos die betrachten wollen, die sie unter einem Austrittswinkel trifft, der bei den rothen Lichtstrahlen der größten Ablenkung entspricht. Es sei bcd einer dieser Regentropfen, so ist das Büschel Lichtstrahlen, welches er vom Mittelpunkt der Sonne erhält, horizontal und parallel zu ah, und unter allen Lichtstrahlen desselben gibt es einen gewissen Lichtstrahl sb, welcher, nachdem er in b gebrochen, in c zurückgeworfen und dann in d wieder gebrochen ist, nach der Richtung de austritt. Denn da sb zu ah parallel ist, so ist der Winkel sle gleich dem Winkel eah = 42° 1′ 40″. In dieser Richtung erhält also der Beobachter den Eindruck des rothen Lichtes. 42° 1′ 40″ ist die Ablenkung, welche der rothe Lichtstrahl nach der Berechnung erfährt. Für das violette Licht gibt die Berechnung eine Ablenkung von 40° 17′. Um also die Lage des violetten Bogens zu erhalten, muß man durch das Auge des Beobachters eine gerade Linie ziehen, welche mit ah einen Winkel von 40° 17′ bildet. Hieraus ergibt sich, daß alle Regenbogenfarben mehr oder weniger offene Kreisflächen sind, welche alle die durch den Mittelpunkt der Sonne und das Auge des Beobachters gezogene gerade Linie zur gemeinschaftlichen Achse haben, daß der violette Kegel innerhalb liegt, mit der Achse einen Winkel von 40° 17′ bildet, daß der rothe Kegel außerhalb liegt, mit der Achse einen Winkel von 42° 2′ bildet, und daß folglich die Totalbreite des Regenbogens 1° 45′ beträgt.

Der äußere, oder Nebenregenbogen wird, wie Figur 35 zeigt, durch die Lichtstrahlen hervorgebracht, welche zweimal innerhalb der Regentropfen reflektirt sind. sabcde ist der Weg des Lichtstrahls, welcher den äußeren Regenbogen gibt, in der Richtung sa ein-, in der Richtung de ausfällt. In dem Nebenregenbogen verbreiten sich die Lichtstrahlen auf einem Streifen, der 3° 10′ Breite hat, und der Zwischenraum zwischen dem inneren Roth des Neben- und dem äußeren des Hauptregenbogens beträgt 8° 57′, welches die Differenz der entsprechenden Ablenkungen gibt, nämlich 50° 59′ — 42° 2′ = 8° 57′. — Es scheint, daß man unter sehr günstigen Umständen zuweilen einen dritten Regenbogen beobachtet hat; allein sein Licht wird immer sehr schwach sein, weil dasselbe innerhalb der Regentropfen eine größere Anzahl von Zurückwerfungen, also eine bedeutende Schwächung erfahren hat. — Die durch den Vollmond in seinem höchsten Glanze erzeugten Regenbogen sind im Vergleich zum Sonnenregenbogen immer sehr schwach.

4. Man kann die blaue Farbe des Himmels ebenfalls zu den Lichtmeteoren zählen, insofern nämlich der Grad ihrer Intensität von der Menge des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes abhängt. Je reiner und dunstfreier die Luft ist, desto weniger weißes Licht, wie wir oben gesehen haben, desto mehr blaues reflektirt sie, während die wässerigen Dünste die Lichtstrahlen unzerlegt zurückwerfen, so daß dadurch der Himmel, wenn die Luft mit Dünsten erfüllt ist, ein weißliches, milchiges Ansehen erhält. Die Beobachtungen stimmen mit dieser Theorie überein. Im Winter bei strenger Kälte hat der Himmel durchgängig eine schöne blaue Farbe, ebenso im Sommer bei anhaltender Hitze; je höher man sich über den Meeresspiegel erhebt, desto dunkler wird das Blau des Himmels; in den tropischen Ländern und in hochnordischen Gegenden hat die Luft ebenfalls ein tieferes Blau, so wie endlich über uns im Zenith das Blau intensiver ist als näher am Horizont. Vergleichen wir diese Beobachtungen, so nimmt man wahr, daß unter entgegengesetzten Umständen, bei großer Wärme und großer Kälte, ein und derselbe Effekt hervortritt. Die Erfahrung lehrt nun, daß im Winter bei strenger Kälte die in der Luft schwebenden Wasserdämpfe verdichtet und niedergeschlagen werden, im Sommer dagegen bei heißem Wetter sich in einem Zustande mehr oder minder vollkommener Auflösung befinden. Derselbe Fall findet Statt zwischen den Tropen, auf hohen Bergen und im hohen Norden, so daß in allen diesen Fällen die Luft eine geringe Quantität Wasserdampf enthält und daher das blaue Licht möglichst ungetrübt reflektiren kann, während dagegen die dunsterfülltere Luft zu den blauen eine größere oder geringere Menge unzerlegter weißer Strahlen zurückwirft.

Elektrische und magnetische Meteore.

§ 71. „Die Elektrizität des Luftkreises, sagt A. v. Humboldt, man mag sie in den unteren Regionen, oder in der hohen Wolkenhülle be-

trachten, problematisch in ihrem stillen periodischen täglichen Gange wie in den Explosionen des leuchtenden und krachenden Ungewitters, steht in vielfachem Verkehr mit allen Erscheinungen der Wärmevertheilung, des Druckes der Atmosphäre und ihrer Störungen, der Hydrometeore, wahrscheinlich auch des Magnetismus der äußersten Erdrinde." Uns interessirt sie hier zunächst als Ursache der Gewitter und verwandter meteorologischer Erscheinungen, zu deren Verständniß wir uns im Allgemeinen mit ihren Aeußerungen bekannt zu machen haben.

Werden zwei Glasröhren durch Reiben in einem gleichen Grade elektrisch, so geben sie wol gegen andere nicht elektrische Körper Zeichen ihres elektrischen Zustandes, sie ziehen kleine, leichte Körper an und stoßen sie bald darauf wieder ab, sie zeigen beim Annähern des Fingers im Finstern ein Leuchten verbunden mit einem deutlichen Knistern; allein gegen einander geben sie kein anderes Zeichen ihres elektrischen Zustandes, als daß sie sich wechselseitig abstoßen, und verlieren durch wechselseitige Berührung ihren elektrischen Zustand nicht. Der nämliche Fall tritt ein, wenn man z. B. zwei Stangen Siegellak auf dieselbe Weise behandelt. Körper also, welche denselben elektrischen Zustand in gleichem Grade besitzen, geben keine elektrischen Zeichen gegen einander. Wenn man aber eine Glasröhre und eine Siegellakstange mit Flanell so lange reibt, bis beide gleiche Grade von Elektrizität zeigen, so werden beide nicht nur gegen andere nicht elektrische Körper die gewöhnlichen Zeichen des elektrischen Zustandes äußeren, sondern auch wechselseitig noch auffallendere. Die Funken, welche sie gegen einander geben, sind viel größer und heftiger als diejenigen, welche sie gegen andere Körper geben; sie ziehen sich einander selbst viel heftiger an, verlieren aber jedes Zeichen von Elektrizität, sobald sie sich berührt haben. Da der Grad der Elektrizität in der Glasröhre und in der Siegellakstange gleich ist, so folgt, daß der elektrische Zustand, in welchem sich das Glas befindet, von dem elektrischen Zustande des Siegellaks verschieden sei, und es gibt also zwei von einander verschiedene elektrische Zustände, wovon man den einen den positiven, den anderen den negativen nennt (+ —), oder zwei Elektrizitäten, eine positive und negative, Glas- und Harzelektrizität, welche beide einander höchst ähnlich und dennoch entgegengesetzt sind, so daß sie sich gegenseitig in ihren Wirkungen aufheben.

Das allgemeine Gesetz des gegenseitigen Verhaltens der Elektrizitäten besteht darin, daß gleichartige sich abstoßen, ungleichartige sich anziehen, und daß gleiche Mengen entgegengesetzter sich zur Neutralität sättigen, wobei ihr Effekt sich nicht mehr nach Außen kund gibt und sie sich so das Gleichgewicht halten, wie zwei Gewichte in den Schalen einer Wage. Von Körpern, in welchen sich die beiden Elektrizitätsarten auf solche Weise verbunden haben, sagt man, daß sie natürliche Elektrizität besitzen. Aus

diesem neutralen Zustande kann aber ein Körper heraustreten und entweder positiv oder negativ elektrisch werden, wenn er sich zu der einen der beiden Elektrizitätsarten, welche sich in ihm das Gleichgewicht halten, eine Portion gleichnamiger aneignet, die er in ungebundenem oder freiem Zustande besitzt, oder wenn unter dem Einfluß eines elektrischen Körpers seine beiden Elektrizitätsarten zerlegt werden. In beiden Fällen ist der Körper in den Stand gesetzt, gegen andere Körper die elektrischen Zeichen kund zu geben.

Körper, welche Elektrizität leicht annehmen und abgeben, heißen Elektrizitätsleiter, andere von entgegengesetzter Beschaffenheit, Nichtleiter, Isolatoren, ein Ausdruck, der jedoch nicht im strengsten Sinne genommen werden darf, da solche Körper nur sehr schlechte Leiter sind. Körper, die zwischen beiden in der Mitte stehen, heißen Halbleiter. Die vorzüglichsten Leiter sind die Metalle, dann folgen Kohle und Wasser. Alle übrigen Körper werden nur dadurch bessere oder schlechtere Leiter, daß Metalle, oder Kohle, oder Wasser mit ihnen verbunden ist. Unter die besten Nichtleiter gehören ganz trockene Luft, Glas, Harz, getrocknetes Holz, Seide u. dgl. m. Je mehr Feuchtigkeit aber das Holz oder die Luft enthalten, desto mehr leiten sie.

Die elektrische Spannung zwischen zwei Körpern, d. h. der Unterschied ihres elektrischen Zustandes, macht, daß sie sich anziehen, um sich ihre Elektrizität mitzutheilen, und die Stärke jener Anziehung wächst theils mit der elektrischen Spannung, theils mit der Abnahme der Entfernung beider Körper von einander. Je größer aber die elektrische Spannung ist, auf desto größere Entfernungen erfolgt der Uebergang der Elektrizität. In trockener, also schlecht leitender Luft, muß die Anziehung der verschiedenen Elektrizitäten zweier Körper so groß werden, daß sie, um sich mit einander zu verbinden, den Widerstand der Luft überwinden. Der Erfahrung zufolge geschieht die Mittheilung der Elektrizität, wenn die elektrische Materie, um die geringste Menge des vorhandenen Hindernisses überwältigen zu können, sich sehr zusammenzieht und dann in diesem zusammengezogenen Zustande das Hinderniß (die Luft) durchbricht, immer mit einer Art von Detonation, mit Funken und einem eigenen Geräusch. Die Strecke, auf welche Funken aus dem elektrischen Körper gezogen werden können, heißt seine Schlagweite, die immer geringer ist als die Strecke, in der er anziehend oder abstoßend wirkt. Wenn aber ein Körper dem anderen, oder wenn beide sich Spitzen zukehren, so erfolgt der Uebergang der Elektrizität auf viel größere Entfernung.

Was nun insbesondere die Luftelektrizität betrifft, so sind die Ansichten der Physiker über ihren Ursprung getheilt, indem ihre eigentliche Quelle bald der Verdampfung von Flüssigkeiten, bald dem Wachsthum der Pflanzen, bald der ungleichen Wärmevertheilung in den Luftschichten zugeschrieben wird. Es mögen wol alle diese Ursachen thätig sein und eine stete

Wechselwirkung zwischen der Erde und der Atmosphäre erzeugen, indem die Elektrizität unausgesetzt in die Luft aufsteigt und aus der Luft entweder allmälig oder plötzlich der Erde wieder zuströmt. Es scheint indeß, daß die stete Verdampfung des Wassers als die große Hauptquelle der atmosphärischen Elektrizität zu betrachten sei, welche an jedem Orte nach den Jahreszeiten mehr oder weniger wirksam und im Laufe eines Jahres um die ganze Erde herum konstant ist. Denn wiewol in den verschiedenen Klimaten die Gewitter vorzugsweise zu verschiedenen Jahreszeiten Statt finden, so wird doch in der ganzen Atmosphäre durch die Explosion des Blitzes jedes Jahr eine fast unveränderliche Menge von Elektrizität neutralisirt, und folglich wird jedes Jahr auch diese konstante Elektrizitätsmenge erzeugt. Es ist in den Vorbegriffen gesagt worden, daß das Wasser eine große Neigung zur Absorption von Kohlensäure hat. Wenn sich daher in der Atmosphäre die Kohlensäure und die Dämpfe mischen, so werden dadurch in der ganzen Ausdehnung derselben die elektrischen Flüssigkeiten verbreitet, welche die Dämpfe einstweilen von der Erde entlehnt haben. Es folgt hieraus, daß sich alle atmosphärische Regionen in einem beständigen elektrischen Zustande befinden, welcher indeß für die verschiedenen Regionen verschieden ist, indem die einen Schichten positiv, andere negativ elektrisch sein können, während andere daneben liegende sich vielleicht im natürlichen Zustande befinden. Dieser beständige elektrische Zustand der Atmosphäre ist übrigens nicht bloße Hypothese, sondern wird durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt.

Da in der Atmosphäre so viele Formveränderungen, namentlich des Wassers, vorgehen, und da sie an jeder an der Oberfläche der Erde Statt habenden elektrischen Veränderung Theil nimmt, so sieht man leicht, daß sich in derselben, als einem schlechten Leiter, die Elektrizität eben so selten im Gleichgewichte befinden kann als die Temperatur, und daß sie also der Schauplatz großer elektrischer Phänomene sein muß. Ich will hier zunächst zweier Erwähnung thun. Wenn sich eine Elektrizitätsart in einer Luftschicht oder in einer Wolke über die Kapazität derselben anhäuft, ohne zu völliger Vereinigung mit der entgegengesetzten zu kommen, und wenn innerhalb ihrer Schlagweite kein bestimmter Gegenstand vorhanden ist, in den sie sich entladen könnte, so strömt von Zeit zu Zeit elektrische Materie aus und bringt die Erscheinung des **Wetterleuchtens** hervor. Dasselbe zeigt sich am häufigsten nach einem heißen Sommerabend, bei der Disposition zu gutem Wetter, in der Abenddämmerung, wenn die Luft sich abzukühlen anfängt. Manchmal ist es indeß nichts anderes als entferntes Blitzen, ohne daß der Beobachter den Donner hört. — Bei dem so schnellen Wechsel des elektrischen Gleichgewichts zwischen der Erde und der Atmosphäre wird man es leicht erklärlich finden, wenn die Elektrizität mitunter aus einigen, besonders spitzigen Körpern leuchtend aus-, oder in dieselben einströmt. Diese Erscheinung, bekannt

unter dem Namen St. Elmsfeuer (Kastor und Pollux der Alten), zeigt sich sehr oft auf Schiffen, wo man die Spitzen der Masten, nicht selten auch die spitzen Hüte der Matrosen mit elektrischen Flammen leuchten sieht. Man hat Beispiele, wo während eines Gewitters sich 20 bis 30 solcher Wetterlichter auf den Spitzen der Masten und Rahen der Schiffe zeigten, die ein Geräusch hören ließen, wie wenn angefeuchtetes Schießpulver verbrennt worden wäre. Allamand, welcher während eines Gewitters seinen Regenschirm aus Furcht vor der Anziehung des Blitzes nicht zu öffnen wagte, sah das seidene Einfassungsband seines Hutes leuchten, ohne daß er das Licht mit dem Finger auslöschen konnte, indem vielmehr das von diesem in seine Hand gelaufene Regenwasser gleichfalls leuchtete. Seinen Regenschirm warf er von sich, als die Handhabe desselben leuchtete, holte ihn aber nachher, als die Blitze nachließen, wieder, und sah Lichtscheine an den Enden der Fischbeinstangen. Ein Anderer sah plötzlich die Ohren seines Pferdes leuchten und den Rand seines Hutes in Feuer stehen, und das Licht verschwand erst wieder, als es anfing zu regnen. Auch auf Gesträuch, auf den Bäumen von Alleen hat man solche Wetterlichter gesehen, und alle diese und zahlreiche ähnliche Erscheinungen haben ihren Grund in dem Wechsel und der starken Entwickelung der atmosphärischen Elektrizität. Dies geht aus ihnen selbst genügend hervor und zeigt sich hauptsächlich daraus, daß zuweilen Regentropfen, vorzugsweise aber die Schneeflocken leuchtend herabfallen.

Doch großartiger, als diese Erscheinungen, und in seinen Wirkungen oft verheerend, ist das Gewitter, ein elektrischer Prozeß, dessen geographische Verbreitung sich über den größten Theil des Planeten erstreckt, und nur im hohen Norden zwischen 70° und 75° der Breite sehr selten ist, im peruanischen Küstenland aber gar nie vorkommt. Aus dem, was oben über den Ursprung der Luftelektrizität gesagt worden ist, läßt sich leicht begreifen, wie sich die Gewitterwolken bilden, deren gewöhnliche Höhe 6000 bis 12000 Fuß beträgt, und wie einige positive, andere negative Elektrizität annehmeu können. Die beträchtliche Menge von Dämpfen nämlich, welche sich zur Bildung einer Wolke vereinigen, bringen nothwendig auch ihre eigene Elektrizität mit, und es wird folglich die in einer großen Ausdehnung der Atmosphäre verbreitete elektrische Flüssigkeit in dem von der Wolke eingenommenen Raume konzentrirt, so daß sie also hier eine weit größere Spannung erlangt. Je nach dem dieser Dampf positiv oder negativ elektrisch ist, ist es auch die Wolke. Unbestreitbar trägt also der Wasserdampf bedeutend zur Hervorbringung elektrischer Erscheinungen in der Atmosphäre bei. Daß die Gewitterwolken sich gewöhnlich nur in gewissen Jahreszeiten und vorzugsweise an gewissen Orten bilden, kommt daher, daß die Elektrizität der Luft nicht an allen Orten und zu allen Jahreszeiten dieselbe Intensität hat; wie es aber zugehe, daß sich Gewitterwolken, die oft eine Ausdehnung von mehreren Quadratmeilen haben,

zuweilen in so kurzer Zeit bilden können, darüber ist man noch im Ungewissen, wie wir denn über die Bildung der Wolken überhaupt nicht Erfahrungsdata genug besitzen.

Man nimmt in den Gewitterwolken große Bewegungen wahr, und Pouillet ist der Ansicht, daß die Anziehungen und Abstoßungen der beiden in den Gewitterwolken konzentrirten Elektrizitätsarten der Grund dieser ungewöhnlichen Bewegungen seien; „denn, sagt er, der Wind ist alsdann nicht die einzige Kraft, welche sie fortbewegt, sein Einfluß wird durch die elektrischen Einwirkungen auf die Wolken mehr oder weniger modifizirt, und in der That sieht man auch, daß sie sich schnell einander nähern oder von einander entfernen, wie wenn sie nach entgegengesetzter Richtung fortgetrieben würden, und sich um sich selbst drehen, wie wenn der Wind, welcher sie fortbewegt, einen großen Wirbel bildete."

Erreicht die elektrische Spannung zwischen der Gewitterwolke und der Erde einen hohen Grad, so wird die Luftschicht zwischen ihnen durchbrochen und die Elektrizität geht aus der Wolke zur Erde über. Dieser Durchbruch ist mit einem Krachen, dem Donner, verbunden, und der elektrische Funke, der überschlägt, heißt Blitz. Der Blitz durchläuft oft eine große Ausdehnung am Himmel, und viele Beobachter haben von hohen Bergen herab Blitze gesehen, die nach ihrer Angabe zuverlässig länger als eine Meile waren. Es ist ferner bekannt, daß dieselben Wolken in derselben Region des Himmels nach einander mehrere Blitze geben können, woraus folgt, daß blos ein Blitz zur Herstellung des elektrischen Gleichgewichtes nicht genügt. Endlich weiß Jedermann, daß der Blitz häufig eine zickzackförmige Kurve bildet. Was den letzten Punkt, die Form des Blitzes, betrifft, so scheinen mir die Erklärungen, die man darüber gegeben hat, nicht genügend zu sein; mehr wissenschaftlichen Werth hat das, was Pouillet über die Wiederholung und die Länge des Blitzes sagt: „Die Dunstmassen, sagt er, welche die Wolken bilden, sind nicht so gute Elektrizitätsleiter wie die Metallmassen, und wenn man gleich nicht weiß, wie sich die Elektrizität auf diesen unvollkommenen Leitern vertheilt und in's Gleichgewicht setzt, so ist doch so viel klar, daß es zu ihrer vollständigen Entladung nicht hinreichend ist, sie mit dem Boden nur einen Augenblick in Berührung zu bringen, und sie können folglich nicht durch einen einzigen Funken wieder in den natürlichen Zustand versetzt werden. Man erblickt also in der Ausdehnung derselben Wolke successive mehrere Blitze. Auch die Länge des Blitzes scheint eine Folge von dem unvollkommenen Leitungsvermögen der Wolken und der Beweglichkeit ihrer Bestandtheile zu sein, und man muß zu seiner Erklärung annehmen, daß die Luft- oder Dunsttheilchen, welche auf dem Wege des Blitzes liegen, schon durch den entgegengesetzten Einfluß der sich zu vereinigen strebenden Elektrizitäten elektrisirt sind, und daß in einem gegebenen Augenblicke zuletzt

das Gleichgewicht aufgehoben wird, ohne daß elektrische Flüssigkeit von einer Wolke zur anderen übergeht, sondern daß nur eine successive oder schwingende Fortpflanzung derselben von Schicht zu Schicht in der ganzen Ausdehnung des vom Blitz durchlaufenen Weges Statt findet."

Man unterscheidet dreierlei Arten von Lichtentbindungen des Blitzes: zickzackförmige, an den Rändern scharf begrenzte; Blitze, die das ganze sich gleichsam öffnende Gewölk erleuchten; Blitze, in Form von Feuerkugeln, wie eine solche z. B. bei dem Orkan gesehen wurde, der im J. 1831 Barbados verwüstete. Die Feuerkugel erschien blendend weiß und von länglicher Gestalt, spritzte, als sie den Boden erreichte, rings umher, wie geschmolzenes Metall und erlosch augenblicklich. Wenn die ersteren beiden Arten kurz dauern, so bewegen sich dagegen die kugelförmigen Blitze weit langsamer.

Der Knall des Donners hat seinen Grund in den Schwingungen der mit mehr oder weniger Heftigkeit erschütterten Luft. Indem aber hierdurch zunächst nur ein heftiges Prasseln entsteht, so haben einige das Rollen und vorzüglich den tieferen Ton des nachfolgenden Donners aus den Bebungen der Erde, welche dadurch erschüttert wird, und aus den Echos abzuleiten gesucht, welche Wälder, Thäler, Berge und selbst Wolken bilden. Pouillet erklärt den Donner auf folgende Weise: „Wenn, sagt er, der elektrische Funken zwischen zwei Körpern überschlägt, so findet zwischen allen Schichten, wo er erscheint, eine Zerlegung und Wiederzusammensetzung der Elektrizität Statt, nnd folglich eine mehr oder weniger heftige Schwingung, welche eine Art von Zerreißen oder plötzlichem Trennen ist, und diese Schwingung ist es, welche, indem sie sich in die ganze umgebende Masse fortpflanzt, den Knall hervorbringt. Dieses vorausgesetzt, wollen wir annehmen, daß der Blitz eine Länge von 3400 Meter habe, so leuchtet das elektrische Licht in demselben Augenblicke in der ganzen Ausdehnung, und folglich wird auch der Knall in allen Schichten in demselben Augenblicke hervorgerufen. Aber der Schall pflanzt sich nur langsam fort, weil er nur 340 Meter in der Sekunde zurücklegt, und folglich würde ein Beobachter, welcher sich auf der Richtung des Blitzes in einer Entfernung von 340 Meter von einem Ende desselben sich befände, zuerst die Lichterscheinung und nach Verlauf einer Sekunde den Schall wahrnehmen, welcher durch die Schwingung der ihm zunächst liegenden Luftschicht hervorgebracht wurde, worauf der in den übrigen Luftschichten hervorgebrachte Schall successive und ununterbrochen während 10 Sekunden folgen würde, weil nach unserer Voraussetzung die Länge des Blitzes 3400 Meter beträgt. Es ist also die Länge des Blitzes, welche die Dauer des Knalles des Donners bestimmt, und für einen sich ungefähr auf der Mitte der Linie des Blitzes befindenden Beobachter würde die Dauer des Donners nur halb so groß sein als für einen Beobachter am Ende der Linie. Dieser letzte würde nur einen Schlag hören, während der erste gleichzeitig zwei

Schläge, den einen zur Linken und den anderen zur Rechten, zu hören glaubte; denn der Schall wird ihm von beiden Seiten mitgetheilt. Dieselben Prinzipien erklären auch das fortwährende Rollen des Donners und alle Perioden dieser furchtbaren Harmonie, welche ein einziger Donnerschlag hervorbringt. Alle auf dem Wege des Blitzes befindlichen schwingenden Schichten erhalten nicht denselben Stoß, weil sie weder dieselbe Temperatur haben, noch sich in demselben Feuchtigkeitszustande, noch folglich unter demselben elektrischen Einflusse befinden. Der erste Eindruck des Schalles ist also nicht immer der stärkste, obgleich er von dem nächsten Orte kommt, und in einer so großen Ausdehnung muß sich der Schall nothwendig mehrere Male verstärken."

Wodurch aber, muß man fragen, wird das Einschlagen des Blitzes auf der Erdoberfläche bestimmt? Zur Beantwortung dieser Frage wollen wir zuvörderst annehmen, es befinde sich eine dicke und ausgedehnte Gewitterwolke in gewöhnlicher Höhe über einer bedeutenden Wasserfläche, also über einem Meere oder einem bedeutenden Landsee. Die Gewitterwolke wird durch ihren Einfluß die natürliche Elektrizität der Wassermasse zerlegen, indem sie die Glaselektrizität in den Boden zurück treibt und die Harzelektrizität gegen die Oberfläche des Wassers zu anzieht. Dies hat eine Anhäufung der Elektrizität zur Folge, welche so beträchtlich sein kann, daß das Wasser merklich gehoben wird, und alsdann sieht man eine große Wasserwoge, die so lange gehoben bleibt, als die elektrische Wirkung dauert. Diese Erscheinung kann auf drei Arten enden: 1) Entfernt sich die Gewitterwolke ohne Explosion, so ist klar, daß die Intensität ihrer elektrischen Wirkung mit ihrer Entfernung abnehmen muß, die Harzelektrizität des Wassers oder Bodens wird immer weniger angezogen, tritt allmälig in den Boden zurück und die Wassermasse kommt, indem sich beide Elektrizitäten vereinigen, wieder in den natürlichen Zustand. Findet aber 2) zwischen der Gewitterwolke und irgend einem von der Wasseroberfläche entfernten Punkte der Erde eine Explosion Statt, wodurch die Wolke entladen wird, so muß sie auch plötzlich aufhören, auf die gehobene Wasserfläche ihre Wirkung auszuüben, die Flüssigkeit, welche ihren natürlichen Zustand wieder annehmen muß, sinkt mit Heftigkeit herab, und ihre in die Tiefe des Wassers tretende Harzelektrizität verbindet sich plötzlich, und nicht, wie im ersten Falle, allmälig wieder mit der Glaselektrizität, von der sie getrennt war. Die Folge davon ist, daß das Wasser von einem Rückschlag getroffen wird, d. h. ohne daß eine Explosion zwischen dem Wasser und der Gewitterwolke Statt gefunden hat. Ist 3) die Gewitterwolke hinreichend nahe, voluminös und stark elektrisirt, damit zwischen ihrer Oberfläche und der des Wassers, welches sie durch ihren Einfluß elektrisirt hat, in irgend einem Punkte ein elektrischer Funken überspringen kann, so wird das Wasser direkt getroffen, oder wie man sich auszudrücken pflegt, es hat in das Wasser geschlagen. Diese Explosion bringt im Allgemeinen

ein beträchtlicheres Aufbrausen und Sieden in dem Wasser hervor als der Rückschlag, der immer weniger heftig ist als der direkte Schlag. Jede dieser drei Wirkungen kann in einem Augenblicke hervorgebracht werden, und es ist sogar nur ein Augenblick erforderlich, um sie successive hervorzubringen.

Nehmen wir nun aber statt einer homogenen beweglichen Wassermasse, welche in allen ihren Theilen dasselbe elektrische Leitungsvermögen besitzt, eine weite, aus heterogenen Elementen mit ungleichem elektrischem Leitungsvermögen zusammengesetzte Ebene an, so sieht man nach dem Obigen leicht, was für einen Einfluß die Gewitterwolke auf sie ausüben muß. Die natürliche Elektrizität des Bodens wird auch jetzt wieder durch den Einfluß der Gewitterwolke zerlegt, die Glaselektrizität zurückgetrieben, die Harzelektrizität gegen den oberen Theil des Bodens zu angezogen und daselbst angehäuft; aber im gegenwärtigen Falle dürfen wir nicht bei der Oberfläche stehen bleiben, sondern müssen in Gedanken bis zu einer hinreichend großen Tiefe des Bodens eindringen, die guten und die schlechten Leiter von einander unterscheiden und endlich ihre Form, ihre Größe und ihre Anordnung in Betracht ziehen, indem alle diese Umstände einen größeren oder geringeren Einfluß auf die Erscheinung haben. So würde z. B. die Wirkung der Gewitterwolke weit stärker, die angehäufte Elektrizität weit größer sein und der elektrische Funke weit früher überschlagen, wenn sich einige Fuß unter dem Boden eine Metallschicht von einer beträchtlichen Ausdehnung befände; die Bodenkruste würde in diesem Falle vom Blitzstrahle in einem oder in mehreren Punkten durchbrochen. Man ersieht hieraus leicht, daß in weiten Ebenen die Natur des Bodens, sein Zustand der Feuchtigkeit oder Trockenheit und das elektrische Leitungsvermögen der Bodenschichten Elemente sind, welche die Explosion des Blitzstrahls und die dadurch hervorgebrachten Wirkungen bestimmen. Auch in diesem Falle kann die Gewitterwolke nur durch ihren elektrischen Einfluß wirken und entweder einen Rückschlag, oder einen direkten Schlag veranlassen. Der letztere bringt oftmals die schrecklichsten Wirkungen hervor, und wenn er auf den Boden trifft, so bezeichnet er seinen Weg durch Löcher, indem er die Erde aufwühlt und umherwirft.

Es ist bekannt, daß alle Erhöhungen den Gewitterschlägen mehr ausgesetzt sind als der Boden selbst, aus dem einfachen Grunde, weil sie der Gewitterwolke näher sind. Es genügen daher auf einer weiten Ebene schon einige Fuß Höhe, um die Explosion zu veranlassen, und in Gebirgsländern sind die Berge, besonders bewaldete Berge, natürliche Blitzableiter für die Bewohner der Thäler.

Ich habe im Bisherigen die Hauptursachen angegeben, welche das Einschlagen des Blitzes auf der Erdoberfl. bestimmen und mich dabei an Pouillets Entwickelung dieses Gegenstandes gehalten; es bleibt mir noch übrig, im Allgemeinen die Wirkungen, welche durch den Blitz hervorgebracht werden, anzu-

führen. Da aber eine spezielle Beschreibung meteorologischer, besonders allgemein bekannter Erscheinungen nicht in meinem Plane liegt, so kann ich mich über diesen Punkt kurz fassen. Die Bäume sind ihrer Form und besonders der Feuchtigkeit wegen, die sie enthalten, ziemlich gute Leiter, indem sich in ihrer Spitze eine beträchtliche Menge von Elektrizität anhäuft; aus diesem Grunde ziehen sie auch das Gewitter an und die höchsten werden am ehesten getroffen. Oefters sieht man daher Bäume, die vom Blitzstrahl getroffen werden, von oben bis unten zersplittert und die Splitter weit umher zerstreut. Aehnlich verhält es sich bekanntlich mit Gebäuden, die man deshalb durch Blitzableiter zu schützen sucht; allein die Wirkung, welche Gewitter auf Gebäude ausüben, sind wegen des ungleichen Leitungsvermögens der verschiedenen Bestandtheile eines Gebäudes ungleich. In den meisten Fällen, wo Gegenstände vom direkten Schlage getroffen werden, zeigen seine mechanischen Wirkungen eine unglaubliche Intensität, und er hat in physischer Beziehung immer eine mehr oder weniger beträchtliche Temperaturerhöhung zur Folge. Was die chemischen Wirkungen des Blitzes betrifft, so lehren Beobachtungen, daß der Boden, in welchen der Blitz eingeschlagen, nicht selten bis in eine gewisse Tiefe geschwärzt war und deutliche Spuren des Schmelzens darbot. Eine ähnliche Bewandtniß hat es mit den sogenannten Blitzröhren, die man in den Sandebenen von Schlesien, Ostpreußen, Cumberland und Brasilien, in der Nähe von Bahia, und an anderen Orten entdeckt hat. Die innere Oberfläche dieser Röhren ist ein vollkommen ebenes und sehr helles Glas, ähnlich dem Glasopal; ihre äußere Oberfläche ist röthlich oder grau, selbst schwärzlich, mit vielen Erhabenheiten und bildet eine Art von Kruste, welche mit Quarzkörnern überzogen ist, die etwas zusammengeschmolzen sind. Auf den ersten Blick haben sie viel Aehnliches mit vielen Korallengewächsen. Manche sind 30 Fuß lang und wechseln in ihrem sehr ungleichen Durchmesser von einer bis zu zwanzig und mehr Linien. Alle werden nach einem Ende enger, um endlich ganz spitz zuzulaufen. Häufig erscheinen dieselben in zwei ungefähr gleiche Arme getheilt und dabei mit mehr oder weniger Nebenästen versehen, deren Länge bald nur eine Linie beträgt, bald einen Zoll und darüber. Es scheint, daß da, wo man diese Blitzröhren findet, in einer gewissen Tiefe unter den Sandebenen Wasseransammlungen seien, und man nimmt an, daß die Blitzröhren vom Durchgange des Blitzes von der Oberfläche des Bodens bis zum Wasser, wo sich der Blitz neutralisiren muß, herrühren. Diese Erklärung wird durch die häufigen Beobachtungen, daß wenn der Blitz auf entblößte Felsmassen niederfährt, deren Oberfläche mit dünner Glasrinde bedeckt wird, sehr wahrscheinlich, und es ist nicht zu bezweifeln, daß der Blitz die Eigenschaft besitzt, den Sand zu durchschlagen, denselben augenblicklich zu schmelzen und ihm die Gestalt hohler, inwendig verglaster Röhren zu geben. — Man hat endlich die Erfahrung gemacht, daß die Luft, wenn sie Träger

des elektrischen Glühens ist, chemisch verändert wird, und die Chemie lehrt, daß man durch künstliche Elektrizität die atmosphärische Luft zu einer neuen Verbindungsform des in ihr gemischten Sauerstoffs und Stickstoffs verbrennen kann, nämlich zu Salpetersäure. Seitdem ist es nicht mehr zweifelhaft, woher der Antheil Salpetersäure rührt, welchen man aus jedem unter heftigen Blitzschlägen niedergehenden Regen auszuscheiden vermag. Spaziert man nach starken Gewittern im Freien, so empfindet man oft einen aromatischen Geruch, der von der Salpetersäure herrührt, die dem versüßten Salpetergeiste einen sehr lieblichen, nach aromatisch säuerlichen Aepfeln riechenden Duft gibt.

Mit Gewittern sind Sturmwinde zwar nicht nothwendig, aber doch sehr nahe verbunden. Die Ursachen derselben sind die bekannten. Da nämlich bei Gewittern die Wolken die Einwirkung der Sonnenstrahlen hemmen, so erzeugen sie eine Abkühlung, welche 12° — 15° betragen kann, wodurch eine Zusammenziehung der abgekühlten Luft und in Folge dessen ein Wind entstehen muß. Wirkt diese Ursache allein, so ist die Geschwindigkeit der Luftströmung allezeit nur gering; aber es sind damit immer noch andere Bedingungen verbunden. So hat die Abnahme des Volumens eine dieser proportionale Abnahme der Elastizität und des Druckes und die Temperaturverminderung Niederschläge des Wasserdampfes zur Folge, welche letztere wiederum das Volumen der elastischen Flüssigkeiten vermindern. Wirken alle diese Umstände vereint zusammen, so können sie allerdings einen Wind erzeugen, der an Geschwindigkeit einem Sturmwinde nahe gleich kommt.

§ 72. Verschieden von den so eben erwähnten Sturmwinden und mit den Wirkungen der Elektrizität im Zusammenhang stehend, sind diejenigen meteorischen Erscheinungen, welche unter den Namen Wasserhose, Seehose, Erd- oder Landtrombe, Landhose u. s. w. bekannt sind, und die alle vollkommen angemessen mit dem deutschen Worte Wettersäule bezeichnet werden können. Man versteht darunter im Allgemeinen „die schlauchartig von den Wolken bis zur Erde, zum Meere oder über Seen und Flüsse sich herablassenden, starke rotatorische Bewegungen um ihre vertikale Achse zeigenden, Wasser und trockene Gegenstände anziehenden, zuweilen aufhebenden und in verschiedene Entfernungen mit sich führenden, mit ungleicher Geschwindigkeit sich fortbewegenden Wolken, deren Gestalt theils gerade, theils gekrümmt ist und die mit ihrer unteren Spitze zuweilen den Boden nicht erreichen, zuweilen aber nicht blos soweit herabgehen, sondern auch über dem Wasser angelangt sich gleichsam ein Piedestal bilden.“

Der oft bei heiterem Wetter entstehenden Wirbelwinde, welche Staub, Heu, Blätter und sonstige leichte Körper aufheben und fortführen, geschieht hier nur im Vorbeigehen Erwähnung; die Erscheinungen, um deren Erklärung es sich hier handelt, sind jene Wolkenschläuche, die auf dem Lande, und noch

häufiger auf dem Wasser beobachtet werden, und mit deren großartigen, oft unglaublichen Wirkungen wir uns zuvörderst bekannt zu machen haben.

Landtromben richten oft schreckliche Zerstörungen an. Ein denkwürdiges Ereigniß dieser Art traf am 23. April 1800 Hainichen im sächsischen Erzgebirg. An diesem Tage wechselte der Wind häufig seine Richtung, mehrere Gewitterwolken waren schon vorübergezogen, als etwa um 4 Uhr Nachmittags eine halbe Meile von genanntem Orte aus einer dichten Wolke ein langer nebelartiger Schlauch herabhing, der sich bald bis zur Erde herabließ, bald wieder zur Wolke hinaufgezogen wurde. Dabei bewegte sich die Wolke, der Schlauch senkte sich wieder bis zur Erde und strich mit unglaublicher Schnelligkeit, von Staub und Verwüstung begleitet, in einer Breite von etwa 60 Schritt binnen 7 bis 8 Minuten über eine Strecke von ungefähr einer deutschen Meile fort. Alles, was der Wirbel auf seiner Bahn traf, ward zerstört, während an seiner Grenze vollkommene Windstille herrschte; denn unter anderem sah eine Bäurin zu Dittersdorf aus ihrem Fenster eine benachbarte Scheune mit Geprassel einstürzen, ohne etwas vom Winde zu empfinden. In Arensdorf, auf dessen Feldern die Zerstörung durch Niedersinken des Schlauches den Anfang nahm, wurden die Häuser oder deren Dächer weggerissen; gewaltsamer aber wirkte das Meteor zu Dittersdorf, zerstörte das vor 6 Jahren neu erbaute Philippi'sche Gut, streute die Scheune in Stücken umher, verrückte die Stallungen und zertrümmerte selbst das massive Wohnhaus, mit Ausnahme des linken Flügels, den es jedoch um 3 Ellen weit fortschob. Das Dach und die Fruchtböden mit Getreide wurden in einen nahen Teich geschleudert, das Mauerwerk zerrissen, und selbst die Gewölbe widerstanden der Gewalt nicht, mit Ausnahme der Küche, wo die Bewohner einen Zufluchtsort ihrer Rettung fanden. Das Federvieh wurde in der Luft umhergeworfen und dadurch getödtet; doch fand man an den Federn keine Spur von Versengung. Auf dem nächstfolgenden Gute riß der Wirbel drei Seitengebäude und zwei einzelne Häuser nieder und brach sich dann gewaltsam eine Bahn durch den wenig entfernten Wald. In einer Breite von 60 Schritt blieb kein Baum, kein Strauch verschont, sie wurden ausgerissen oder abgebrochen, und in einem Augenblicke war eine Allee durch den Wald hergestellt. Mehrere Bäume fanden sich bis an die Spitzen abgeschält, einige etliche hundert Schritte über den Strigisfluß fortgeschleudert. Die Verheerung erstreckte sich noch über andere Ortschaften; endlich ließ die wirbelnde Bewegung nach und die Wolkensäule zerstreute sich, nachdem sie unter anderm einen Knecht nebst seinen zwei Pferden aufgehoben und erstern in einen Hohlweg, letztere in ein nahes Gesträuch geschleudert hatte *). — Ein anderes ähnliches Ereigniß traf im J. 1829 die Umgegend von Treves.

*) Aus dem neuen Gehler. Die folgende Beschreibung habe ich aus Pouillet.

Gegen 2 Uhr Nachmittags zeigte sich eine Meile unter Treves nordöstlich von Ruwer und Pfalzel ungefähr 20° über dem Horizonte ein auffallendes Phänomen, welches eine auf dem Felde beschäftigte große Anzahl von Menschen sehr beunruhigte. Der Himmel war in Folge des Statt gehabten Regens noch bedeckt, als sich mit einem Male mitten in einer in Nordosten aufsteigenden schwarzen Wolke eine leuchtende Masse zeigte, welche sich nach entgegengesetzter Richtung zu bewegen anfing, und die Wolke mit Heftigkeit zerstreute. Die Wolke nahm bald am oberen Ende die Form eines Schornsteins an, aus welchem ein weißgrauer Rauch aufstieg, der von Lichtflammen unterbrochen wurde, die durch mehrere Oeffnungen mit einer solchen Kraft aufstiegen, als wenn sie durch etliche Blasebälge mit der größten Heftigkeit fortgetrieben würden. Das Meteor war über die Weinberge von Diesburg, Ruwer gegenüber, fortgeschritten, als in einiger Entfernung südlich an dem rechten Ufer der Mosel ganz in Berührung mit dem Boden ein neues Meteor auf eine fürchterliche Weise erschien. Es zerstreute die um einen Baum angehäuften Kohlenmassen, warf einen Arbeiter eines Kalkofens um und stürzte sich mit einem fürchterlichen Krache in die Mosel, wobei das Wasser in einer hohen Säule aufstieg. Mit demselben Geräusch rückte dieses immer mit der Erde in Verbindung stehende Meteor von der Mosel über die Felder von Pfalzel und ließ deutliche Spuren seines zickzackigen Weges durch die Getreidefelder zurück. Ein Theil des Getreides wurde ganz zerstört, ein anderer Theil zu Boden geschlagen und der Rest weit in die Luft zerstreut. Mehrere Frauen, in deren Nähe das Meteor war, wurden ohnmächtig, und andere weiter entfernte verkrochen sich, oder entflohen mit Geschrei. Die Felder standen ganz in Feuer. Zwei Arbeiter, welche auf einen Baum gestiegen waren, beobachteten das Meteor in seinem ganzen Verlaufe, und ein anderer hatte sogar den kühnen Gedanken, es zu verfolgen, was leicht möglich war, da man blos einen gewöhnlichen Schritt zu gehen brauchte. Aber in einem der Zickzacke, welche er beschrieb, umgab das Meteor diesen Arbeiter mit einem Male; er fühlte sich bald vorwärts gezogen und bald stark gehoben, er neigte sich und stützte sich mittelst seiner Geräthschaften gegen den Boden, aber dennoch wurde er umgeworfen, der Wirbel verlies ihn jedoch und setzte seinen Weg fort. Er hatte keine besondere Empfindung des Geruchs oder Geschmacks, sondern blos das betäubende Geräusch, und er behauptete, daß in dem Meteore zwei Strömungen Statt gefunden haben, die eine in schiefer Richtung aufwärts, die andere von einer gerade entgegengesetzten Richtung. Der Weg, welchen sich das Meteor durch die Felder gebildet hatte, war nach den verschiedenen Angaben 10 bis 18 Schritte breit und 2100 Schritte lang. Seine Form war fast konisch und seine Farbe bald weißgrau oder gelb, bald dunkelbraun, gewöhnlich aber hatte es die Farbe des Feuers. Das erste Meteor befand sich in der Luft über dem zweiten, war fast zu demselben

parallel und lag weiter gegen Norden zu. Während ungefähr 18 Minuten zeigte es eine große weißgraue Masse, welche oft den rothen Rauch der Flamme zu durchbrechen schien und in einer Entfernung von etwa einer halben Meile erschien es als eine schlangenförmige Gestalt von 140 Schritt Länge, deren Kopf gegen Nordosten, deren Schwanz nach der entgegengesetzten Seite gekehrt war. Nach 8 bis 10 Minuten neigte sich der Schwanz abwärts und in dem Augenblicke, wo er die Erde berührte, verschwand das ganze Phänomen und zugleich auch das untere Meteor, ohne daß, wie ein Augenzeuge versicherte, eine Explosion Statt gefunden hätte. Aber es verbreitete sich auf dem ganzen Felde ein starker Schwefelgeruch. Gleich darauf zeigte sich über den nordöstlich von dem Orte, wo das Meteor Statt gefunden hatte, liegenden Hölzern ein Gewitter und wurde von Hagel mit ungewöhnlich dicken Körnern begleitet."

Unter die sehr großen Seltenheiten ist zu zählen, wenn die Wettersäule sich gar nicht bewegt. Dies war indeß der Fall bei der merkwürdigen Wettersäule zu Blanquefort unweit Bourdeaux im J. 1787. Der mit Wettersäulen oft verbundene Schwefelgeruch ist ohne Zweifel der bekannte elektrische, der ebenso genannt wird.

Die Wasserhosen, welche meistens blos in der Nähe des Landes entstehen, sind gewöhnlich von örtlichen Gewittern, oder mindestens von elektrischen Erscheinungen begleitet, erscheinen aber nie bei ausgedehnten Gewittern. Sie führen, sowie die Landtromben, alle von ihnen ergriffenen Gegenstände mit sich fort und entstehen bald von oben aus den Wolken, bald von unten aus dem Wasser. Napier beschreibt eine von ihm am 6. Sept. 1814 gesehene Wasserhose. „Die Luft war schwül und dunstig, gegen Süden schwebten schwarze schwere Wolken niedrig am Himmel und es herrschte veränderlicher Wind, dann und wann mit einigen Tropfen Regen. Um 2 Uhr Nachmittags bemerkte man, daß sich etwa 360 Faden rechts vom Schiffe eine außerordentliche Art von Wirbelwind bildete. Er hob das Wasser in cylindrischer Gestalt und vom Durchmesser eines Wasserfasses anscheinend im Zustande von Rauch und Dunst in die Höhe. Dieser Fuß der Trombe zog in südlicher Richtung nach dem herabhängenden Gewölke, indem er an Höhe und Umfang zunahm, mit schraubenförmiger schneller Bewegung, bis er mit dem Ende einer Wolke in Berührung kam, welche auch ihrerseits herabsank, um mit ihm zusammenzutreffen. Etwa eine Seemeile vom Schiffe blieb die Wasserhose einige Minuten unverrückt an derselben Stelle stehen; an ihrem Fuße kochte und dampfte das Wasser und entlud sich rauschend und zischend in die über ihr hängende Wolke, während es selbst eine spiralförmige Bewegung hatte, und sich bog oder gerade streckte, je nachdem die veränderlichen Winde es mit sich brachten, die nun abwechselnd aus allen Strichen des Kompasses wehten. Bald darauf kehrte die Trombe nach Norden, in gerade entgegen-

gesetzter Richtung des Windes, welcher um das Schiff herrschte, zurück und ging gerade auf den Steuerbordbaum desselben los. Man suchte derselben durch veränderte Richtung des Schiffes auszuweichen, allein sie kam so nahe, daß man das übliche Mittel wählte, auf sie zu schießen. Nachdem mehrere Schüsse geschehen waren und vorzüglich eine Kugel gerade in dem Abstande eines Drittels von ihrer Basis durch sie gegangen war, erschien sie eine Minute lang wie in zwei Stücke horizontal durchschnitten, und beide Theile schwankten in verschiedenen Richtungen hin und her, als würden sie von entgegengesetzten Winden bewegt, bis sie sich wieder vereinigten. Einige Zeit nachher zerstreute sich das Ganze in eine ungeheure schwarze Wolke, aus der es in großen Tropfen auf das Verdeck des Schiffes regnete, bis die Wolke erschöpft war. Zur Zeit, als die Erschütterung der Luft durch die Schüsse die Wasserhose in zwei Theile theilte, bedeckte ihr Fuß eine Fläche Wasser, welche volle 300 Fuß im Durchmesser hatte; wo der Schlauch am dünnsten war, etwa in 2/3 Länge aufwärts, schien er 6 Fuß im Durchmesser zu haben; die scheinbare Höhe des Halses der Wolke, in welche die Hose das Wasser auslud, betrug 40°. Das Wasser an der Basis kochte mit einem weißen Rauche, wovon ein Theil nach außen bis zu einem gewissen Umfange gestoßen wurde, ein anderer Theil als ein dicker, dunkler Dunst aufstieg, der sich allmälig in dünne Streifen ordnete, sowie er den Wolken näher kam, bis sich alles zerstreute und ein heftiger Regenguß ausbrach. Kurz zuvor, ehe die Trombe sich auflöste, sah man zwei andere im Süden, die kleiner waren und nur kurze Zeit dauerten." — Das Schießen gegen die Wasserhosen ist ein den Schiffern allgemein wohlbekanntes Mittel, welches sie anwenden zur Sicherung gegen ihre Wirkungen, durch welche oft große Unordnungen auf den Schiffen und heftige Stöße hervorgebracht werden. — Wasserhosen sind auch auf dem Genfersee und Bodensee beobachtet worden.

Was nun die Erklärung der Wettersäulen betrifft, so suchen die einen ihre Ursache in der Luftbewegung, andere in der Elektrizität. Kämtz findet es wahrscheinlich, daß der Ursprung der meisten Wettersäulen durch Luftströme zu erklären sei, welche in den oberen Regionen der Atmosphäre auf einander treffen und dort schon eine wirbelnde Bewegung erzeugen. Sind diese Luftströme heftig, ist ihre Temperatur und ihr Dampfgehalt sehr verschieden, so wird der Dampf mit Schnelligkeit kondensirt, und während bei den gewöhnlichen Wirbeln leichte Körper gehoben werden, würden hier die Dampfbläschen herabwärts geführt, wobei die Masse von der Wolke aus gegen die Erde an Dicke abnimmt. Erreicht endlich der Wirbelwind die Oberfläche des Meeres, so erhebt sich dieses, zu Tropfen gepeitscht, und erhält das Ansehen eines rauchenden Ofens. Indem sich auf diese Weise die Wolke herabsenkt, das Wasser aber steigt, vereinigen sich beide und es findet eine Verbindung zwischen Meer und Wolke Statt. In anderen Fällen kann aber auch, je

nach der Richtung der Luftströme, der Wirbelwind in der Tiefe beginnen, in welchem Falle die Wasserhosen in die Höhe steigen. Aus dieser Ansicht geht hervor, daß die Wasserhosen, deren drehende Bewegung von allen Beobachtern bestätigt wird, aus Wasserdunst, mit Wassertropfen gemengt, zusammengesetzt seien. Ist diese Erklärungsweise die richtige, so ist die Elektrizität Wirkung, aber nicht Ursache der Trombenbildung, und erzeugt dann denselben Geruch, als bei Gewittern. Andere Physiker sind dagegen ganz entschieden für den elektrischen Ursprung der Wettersäulen, indem sie in dem Entstehungsgrund derselben einen elektrischen Ausgleichungsprozeß erblicken. Nach dieser Ansicht unterscheiden sich die Gewitter und Wettersäulen von einander nur dadurch, daß bei jenen die Ausgleichung in momentanen Explosionen, bei diesen dagegen in einer kontinuirlichen Strömung von der Atmosphäre zur Erde und umgekehrt besteht. Bei dieser Erklärungsweise bleibt aber nur die kleine Schwierigkeit zu beseitigen übrig, wie die Elektrizität auch bei dem höchsten Grade der Spannung einen mit Luft, und obendrein zuweilen mit trockener Luft erfüllten, mehrere hundert Fuß hohen Raum durchlaufen könne.

Die enormen Wirkungen der Wettersäulen bestehen, sofern blos von der großen ausgeübten Gewalt die Rede ist, ganz gut mit der ersteren Ansicht, denn sie sind keine anderen, als welche durch heftige Sturmwinde und Orkane ausgeübt werden. Allein einige Eigenthümlichkeiten der Wettersäulen sind offenbar Folge der bei ihnen unzweifelhaft Statt findenden ganz eigentlich kreiselnden Bewegung, und die Entstehung dieser Wirbelbewegung ist bei Erklärung der Wettersäule gerade die Hauptsache. Muncke hält in Beziehung auf diesen Punkt die Schwierigkeiten nicht für unüberwindlich. „Am wenigsten, sagt er, bin ich geneigt, der Hypothese beizutreten, wonach einander parallel, aber in entgegengesetzter Richtung wehende Winde eine zwischen ihnen befindliche Luftmasse in diese rotirende Bewegung versetzen sollen. Die erzeugten Säulen sind allezeit genau oder fast vertikal und setzen daher zwei in vertikaler Ebene bewegte Luftströmungen voraus; da aber horizontale und in entgegengesetzter Richtung bewegte Luftschichten der Natur der Sache nach ungleich häufiger sein müssen und sich auch nicht selten als wirklich vorhanden zeigen, so müßte doch irgend einmal eine horizontale Wettersäule erzeugt worden sein, wovon aber durchaus kein Beispiel vorhanden ist. Dieser Umstand muß bei jeder Theorie berücksichtigt werden, läßt sich aber leicht erledigen. Die Luftbewegungen haben im Ganzen schon von selbst die Tendenz zur vertikalen Richtung, weil die ungleiche Dichtigkeit in Folge verschiedener Temperatur oder entstandener Niederschläge entweder die Bewegung überhaupt erzeugt, oder auf jeden Fall bedingend einwirkt. Wenn wir annehmen, daß die ersten, durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen auf den Erdboden, erhitzten Luftschichten anfangs zwar nur langsam aufsteigen, dadurch aber allmälig zu stets größeren Höhen gelangen, so läßt sich leicht

zeigen, daß eine so exorbitant hohe aufsteigende Luftsäule füglich diejenige Geschwindigkeit erhalten könne, die wir ihr zur Erklärung ihrer gewaltsamen Wirkungen beilegen müssen. Der nämliche umgekehrte Effekt findet Statt, wenn kalte Luftmassen herabsinken, und wird noch beträchtlich erhöht, sobald die Elastizität der Luft dann durch wässerige Niederschläge eine bedeutende Verminderung erleidet. Ist aber diese Bewegung einmal vorhanden, so bietet die Erklärung der Rotation keine großen Schwierigkeiten mehr dar. Alle in Wasser und noch mehr die in der Luft frei schwebenden Körper nehmen durch exzentrisch auf sie wirkende Kräfte sehr leicht eine drehende Bewegung an, z. B. die großen Eismassen in den Polarmeeren, die Luftballons u. s. w., und man beobachtet täglich, daß der aus den Schornsteinen aufsteigende Rauch, sowie alle in der Luft schwebende Körper diese wirbelnde Bewegung annehmen; kein Wunder also, daß die statisch frei schwebenden Luftsäulen sehr bald durch die verschiedensten Ursachen in eine rotirende Bewegung versetzt werden, deren Geschwindigkeit diejenige sehr leicht um ein Vielfaches übertreffen kann, welche bei den Eismassen der Polarmeere das Erstaunen der Seefahrer erregt. Viele haben gerade die Wirbelbewegung als eine Wirkung der Elektrizität betrachtet, allein es bedarf deren hiezu nicht, obgleich sie neben anderen Ursachen gleichfalls von einigem und selbst wol bedeutendem Einflusse sein kann."

Muncke hält die auf solche Weise entstehenden wirbelnden Luftsäulen, die noch obendrein oft unglaublich schnell fortschreiten, zur Erklärung der schrecklichen Verheerungen, welche die Wettersäulen anrichten, für genügend, nimmt dann aber für mehrere Erscheinungen, die sich bei Wettersäulen zeigen, die Mitwirkung der Elektrizität in Anspruch. Bei den Landtromben nämlich muß in Folge des unüberwindlichen Widerstandes, den der feste Boden oder sonstige für sie unbewegliche Gegenstände ihnen entgegensetzen, die Bewegung bald aufwärts, bald abwärts gerichtet sein, und hieraus wird in Verbindung mit der starken Rotation das Ausreißen und Aufheben von Bäumen, Pfählen und hauptsächlich von überall nicht festsitzenden Körpern erklärlich; wenn aber den Berichten nach geplattete oder gepflasterte Fußböden von ihnen emporgehoben sein sollen, so scheint hiefür, ebenso als für das hohe Aufbrausen des Wassers, die bloße Wirbelbewegung zur Erklärung nicht genügend. Man findet bekanntlich in der Regel bei Blitzschlägen sehr häufig den gepflasterten oder mit Steinplatten belegten Boden aufgerissen, und da in den Tromben allezeit eine starke elektrische Spannung herrscht, so ist es wol nicht zu kühn, anzunehmen, daß in einzelnen Fällen ganz eigentliche Blitze aus ihnen in die Erde fahren und die genannten Wirkungen hervorbringen, ohne daß man diese Blitze in der Wolke bestimmt sieht oder ihren Donner hört, entweder weil er sich in dem gesammten Getöse verliert, oder die Wolkenhülle nicht genügend durchdringt, deren schnell wirkende Bewegung ohnehin

die Erzeugung eines lauten Donners hindern könnte. Auf gleiche Weise scheint mir eine bloße Wirbelbewegung nicht genügend, um das nicht selten der Bildung des Schlauchs vorausgehende und nach dem Verschwinden desselben noch fortdauernde Aufbrausen des Wassers daraus abzuleiten, wie überhaupt dasselbe zu großartig, zu gewaltsam und von einer zu sehr eigenthümlichen Beschaffenheit ist, als daß man es hierauf allein mit genügendem Grunde zurückführen könnte. Außerdem kann man, allen Beschreibungen nach, den Fuß der Wasserhosen nicht wol als das Erzeugniß bloßer Wirbelbewegungen betrachten, denn man begreift in der That nicht, wie hierdurch das Wasser aufbrausen, lothrecht in Spitzen in die Höhe steigen und tropfenweise in parabolischen Bogen wieder herabfallen sollte. Der Fuß der Tromben gleicht, mindestens in den bei weitem meisten Fällen, dem Erzeugnisse einer das Wasser von unten auf emporwerfenden Kraft, die zugleich einen großen Theil desselben durch starke Zertheilung in Dunst verwandelt. Um dieses und das so oft bemerkte gleichzeitige Aufsteigen und Herabsinken des Dunstes und der Wassertropfen im Inneren der Schläuche zu erklären, weiß Muncke zu keiner anderen Kraft seine Zuflucht zu nehmen, als zur Elektrizität, die ohnehin eine stete Begleiterin der Tromben ist. Daß die Elektrizität vermöge der ihr eigenthümlich zukommenden Anziehung und Abstoßung gerade solche Erscheinungen zu erzeugen vermöge, wie wir sie bei den Wettersäulen wahrnehmen, ist in Gemäßheit zahlreicher Versuche nicht zweifelhaft, wobei vorzüglich noch berücksichtigt werden muß, daß bei hochgesteigerter elektrischer Spannung in den Wolken, allezeit eine entgegengesetzte Spannung des Bodens Statt findet, ohne welches Verhalten die Erscheinungen des Blitzes nicht erklärbar sein würden. Besitzt aber die in den Tromben vorhandene Elektrizität hinlängliche Kraft genug, um so großartige Wirkungen hervorzubringen? Muncke nimmt keinen Anstand, dieses zu bejahen. „Ist einmal, sagt er, die Elektrizität in der Wolkenregion bis zu einem solchen Grade der Spannung frei geworden, wie sich dieser in ähnlichen Fällen durch gewöhnliche Blitzschläge kund gibt, hat zugleich der Erdboden eine dieser proportionale, aber entgegengesetzte Spannung angenommen; so müssen hierdurch alle im Bereiche dieser Elektrizitäten befindliche Körper, je nach ihrer Leichtigkeit und der auf sie wirkenden Gewalt, in Bewegung kommen. Diese Bewegung, welche sich sofort auch den Dünsten und der Luft mittheilt, ist bekanntlich keine geradlinige, sondern allezeit eine wirbelnde, und das angeführte Beispiel der Eismassen und sonstige Erscheinungen zeigen genügend, bis zu welcher Geschwindigkeit und Stärke solche Bewegungen, sobald sie einmal begonnen haben, und wenn dann die sie erzeugende Geschwindigkeit auf sie zu wirken fortfährt, gesteigert zu werden pflegen. Hiemit ist also die Bewegung der Luft und der Dünste, und zwar die wirbelnde, mit allen ihren

Wirkungen gegeben; die fortschreitende aber, welche mit der der Winde zusammenfällt, bedarf hier keiner näheren Erörterung."

§ 73. Wenn die Gewitter, namentlich die Gewitter der Tropenzone, so oft von Erscheinungen begleitet sind, die Alles an Furchtbarkeit überbieten, so ist dagegen das Polar- oder Erdlicht (Nord- und Südlicht) unter allen leuchtenden Meteoren das glänzendste und prachtvollste. Die Zone der Polarlichter ist den Polen zugewendet, ohne daß man sagen könnte, der Sitz seiner Ursache liege an den Polen selbst, da man es in hohen Breiten auch vom südlichen Horizonte gegen den Scheitelpunkt hat aufsteigen sehen. Man sieht das Meteor, das indeß meist in den südl. und nördl. Polargegenden vorkommt und deshalb gewöhnlich Polarlicht genannt wird, zu allen Jahreszeiten. Am großartigsten ist die Erscheinung desselben in den nördlichen Gegenden der Erde und kommt dort so häufig vor, daß Schiffslieutenant Lottin an der Küste von West-Finnmarken während 206 Tagen 143 Nordlichter beobachtete, wovon 64 des Nachts und 70 am Tage Statt fanden. Man war der Meinung, daß das Nordlicht, wenn seine Entstehung der Polarregion angehört, unter höheren Breiten besser gesehen werde, als näher der subtropischen Zone, und daß es den Bewohnern der tropischen Zone nie sichtbar werde; denn mögen die Polarlichter auch den höchsten Regionen der Atmosphäre angehören, so sei doch das Stück der Atmosphäre, welches in unseren Horizont fällt, immer nur ein im Verhältniß zum Erdumfang sehr kleiner Linsenabschnitt des allgemeinen Luftmeeres, es könne daher ein Polarlicht nur noch in der gemäßigten Zone gesehen, und das Parallel von 35° als Grenze der Sichtbarkeit angenommen werden. Allein die neuere, auf vielfache Beobachtungen gestützte Ansicht widerspricht einer solchen Beschränkung der Sichtbarkeit der Polarlichter. „Ich habe, sagt Humboldt, bestimmt ergründet, daß bis in die Tropenregion, selbst in Mexiko und Peru, Nordlichter gesehen worden sind. Man muß unterscheiden zwischen der Sphäre gleichzeitiger Sichtbarkeit der Erscheinung und der Erdzone, in welcher die Erscheinung fast jede Nacht gesehen wird. Jeder Beobachter sieht gewiß, wie seinen eigenen Regenbogen, so auch sein eigenes Polarlicht. Ein großer Theil der Erde erzeugt zugleich das ausströmende Lichtphänomen. — In den Gegenden, welche in dem neuen Kontinente und an den sibirischen Küsten sich durch große Frequenz des Phänomens auszeichnen, gibt es so zu sagen besondere Nordlichtstriche, Längenzonen, in welchen das Polarlicht vorzüglich glänzend und prachtvoll ist. Oertliche Einflüsse sind also nicht zu verkennen. — Die auf der Nordpol-Expedition gesammelten Erfahrungen scheinen zu beweisen, daß ganz nahe um den Magnetpol die Lichtentbindung auf das wenigste um nichts stärker und häufiger, als in einiger Entfernung davon ist."

Die Messungen über die Höhe des Polarlichtes schwanken zwischen eini-

gen Meilen und einer Höhe von drei- bis viertausend Fuß, und die neuesten Beobachter sind geneigt, das Phänomen nicht an die Grenze der Atmosphäre, sondern in die Wolkenregion selbst zu versetzen. Franklin beobachtete am Bärensee ein strahlendes Nordlicht, von dem er glaubte, daß es die untere Seite der Wolkenschicht erleuchtete, und manche Beobachter glauben, daß die Nordlichtstrahlen durch Winde und Luftströmungen bewegt werden. Genaue Bestimmungen der Höhe der Polarlichter sind übrigens wegen der unausgesetzten Oscillationen der Lufterscheinung und daraus entstehender Unsicherheit des parallaktischen Winkels sehr schwierig, und sind deshalb in vielen Fällen nicht geeignet, großes Vertrauen einzuflößen. Was die Zahl der Polarlichter betrifft, so will man beobachtet haben, daß es polarlichtreiche Jahre und Perioden gebe, wie es auch gewitterreiche gibt, und es scheinen die Polarlichter in den gemäßigten Zonen ziemlich lange Perioden zu haben, in denen sie abwechselnd häufig oder selten sind, oder auch wol ganz ausbleiben; so kommen in den Jahren 1465 — 1520, 1581 — 1600, 1621 — 1686 durchaus keine Nachrichten eines erschienenen Polarlichtes vor, und wir scheinen gegenwärtig wieder in einer Periode zu leben, die nicht sehr reich an diesem Phänomen ist.

Da die Erscheinung bei uns zu den seltenen gehört, so wird es vor Allem nöthig sein, ein Bild von der Entstehung und dem Verlauf eines sich ganz ausbildenden Nordlichtes zu entwerfen, wozu ich die Einzelnheiten aus Argelander, Humboldt u. A. entlehne. Tief am Horizont, ungefähr in der Gegend, wo dieser vom magnetischen Meridian durchschnitten wird, schwärzt sich der vorher heitere Himmel. Er bildet sich, wie eine dicke Nebelwand, die allmälig aufsteigt und eine Höhe von 8 bis 10 Grad erreicht. Die Farbe des dunkeln Segmentes geht in's Braune und Violette über. Sterne sind sichtbar in dieser, wie durch einen dichten Rauch verfinsterten Himmelsgegend. Erst später, nachdem sich das dunkle Segment gebildet, entsteht ein breiter, aber hellleuchtender Lichtbogen, erst weiß, dann gelb. Der höchste Punkt des Lichtbogens ist gewöhnlich nicht ganz im magnetischen Meridian, sondern 5° — 18° abweichend nach der Seite, wohin die Magnet-Deklination des Ortes sich richtet. Im hohen Norden, dem Magnetpole sehr nahe, erscheint das rauchähnliche Kugelsegment weniger dunkel, bisweilen gar nicht. Dort auch, wo die Horizontalkraft am schwächsten ist, sieht man die Mitte des Lichtbogens von dem magnetischen Meridian am weitesten entfernt. — Der Lichtbogen, in stetem Aufwallen und formverändernden Schwanken, bleibt bisweilen Stunden lang stehen, aber dann trennen schwarze Striche seine Lichtmasse regelmäßig ab; es bilden sich Strahlen, welche sich allmälig oder plötzlich verlängern oder verkürzen, schnell fortschießen und plötzlich an Helligkeit zu- und abnehmen. Der untere Theil oder die Füße der Lichtstrahlen haben immer das lebhafteste Licht und bilden einen mehr oder weniger regelmäßigen

Bogen. Die Länge dieser Strahlen ist oft sehr verschieden; aber alle konvergiren gegen denselben Punkt des Himmels, auf welchen die Inklinationsnadel gerichtet ist. Zuweilen verlängern sie sich auch bis zum Zusammentreffen und bilden eine große Lichtkuppel. Der Bogen fährt fort, gegen das Zenith aufzusteigen; in seinem Lichte zeigt sich eine Undulationsbewegung, d. i. der Glanz jedes Lichtstrahls nimmt von einem Fuße zum anderen successive an Intensität zu, und diese Art von Lichtströmung zeigt sich mehreremale hinter einander, aber häufiger von Westen nach Osten, als in der entgegengesetzten Richtung. Auch der Bogen bietet in horizontaler Richtung eine alternative Bewegung dar, ähnlich der Bewegung einer vom Winde bewegten Fahne. Zuweilen verlassen ein, oder auch beide Fußenden des Bogens den Horizont und es zeigen sich mehr und hervorstechendere Falten, wie bei der Fahne, der Bogen ist nur noch ein langer gewundener Streifen von Lichtstrahlen und theilt sich in mehrere Theile, welche angenehme Krümmungen bilden, die fast in sich selbst zurücklaufen und, gleichviel, an welchem Theile des Himmelsgewölbes, die sogenannte Krone des Nordlichtes bilden, welche der Richtung der Neigungsnadel entspricht. Wenn nicht einer, sagt Argelander, sondern 5 bis 6 Strahlenbüschel zugleich an verschiedenen Stellen aufsteigen; wenn aus der ganzen Länge des Saumes dicht an einander sich Strahlen erheben, sich entweder alle nach einer Seite bewegen, oder in verschiedenen Richtungen von und gegen einander ziehen; wenn diese sich bis zum Zenith erheben, und nun sich so drängen, daß man ihre Anfänge nicht mehr unterscheiden kann; wenn das Verschwinden und Wiedererscheinen so heftig geschieht, daß der ganze nördliche Himmel wie von zuckenden Flammen erfüllt ist; wenn diese gar durch das Zenith bis an den halben südlichen Himmel ziehen: dann gewährt das Nordlicht einen Anblick, den die Phantasie sich wol malen, aber die Sprache nicht beschreiben kann. Nur eine Stelle des Himmels in der Nähe des Zeniths und in der Richtung, nach welcher die Neigungsnadel zeigt, theilt nicht die allgemeine Beweglichkeit und Veränderlichkeit. In mattem Lichte glänzt sie ruhig fort, gleichsam der Pol der ganzen Erscheinung und darum die Krone genannt. — Ist die Krone gebildet, was in seltenen Fällen geschieht, so ändert sich die Intensität der Lichtstrahlen und übertrifft die der Sterne erster Größe; diese Strahlen schießen mit Schnelligkeit fort, und es bilden sich bald wieder verschwindende Krümmungen. Hierauf färben sich die Lichtstrahlen; ihr unteres Ende ist roth, die Mitte grün nnd der obere Theil behält seine hellgelbe Lichtfarbe. Diese Farben sind außerordentlich durchsichtig, das Roth nähert sich dem Bluthellen und das Grün der blassen Smaragdfarbe. Der Glanz nimmt ab, die Farben verschwinden und Alles erlöscht plötzlich oder verschwindet allmälig. Hierauf zeigen sich wieder Bogenstücke, der Bogen bildet sich selbst wieder, setzt seine aufsteigende Bewegung gegen das Zenith zu fort, die

Strahlen werden kürzer, endlich erreicht der Bogen das magnetische Zenith, gegen welches die Neigungsnadel gerichtet ist. Alsdann sieht man die unteren Enden der Strahlen, sie färben sich in diesem Augenblicke, bilden einen breiten rothen Streifen, durch welchen man die höher liegenden grünen Nüancen erblickt, und sie nehmen alsdann die weiter oben erwähnte horizontale fortrückende Bewegung an. Die Krone dauert nur einige Minuten, sie schwächt sich, das ganze Phänomen befindet sich südlich vom Zenith und bildet blassere Bogen, welche im Allgemeinen verschwinden, ehe sie den südlichen Horizont erreicht haben. Gewöhnlich findet dies Alles in der ersten Hälfte der Nacht Statt, worauf das Nordlicht seine Intensität verloren zu haben scheint. Die Strahlungen werden seltener, kürzer und farbenloser; die Krone und alle Lichtbögen brechen auf. Bald sieht man am ganzen Himmelsgewölbe unregelmäßig zerstreut nur breite, blasse, fast aschgrau leuchtende, unbewegliche Flecke. Auch sie verschwinden früher als die Spur des dunkeln rauchartigen Segmentes, das noch tief am Horizonte steht. Es bleibt oft zuletzt von dem ganzen Schauspiel, von dem „lustigen Himmelstanz," wie die Einwohner der Shetlands-Inseln das Nordlicht nennen, nur ein weißes, zartes Gewölk übrig, an den Rändern gefiedert oder in kleine rundliche Häufchen (als cirrocumulus) mit gleichen Abständen getheilt.

Dies ist die Erscheinung des Nordlichtes, wenn es sich in seiner ganzen Pracht zeigt; allein es geschieht sehr selten, daß man dasselbe, selbst in nördlichen Gegenden, so vollständig beobachten kann. Denn oft ist der Zustand des Himmels oder der Atmosphäre ungünstig, und auch die Bedingungen, welche das Phänomen bestimmen, werden nicht immer gleichzeitig erfüllt, und alsdann ist bald die ganze Krone nur vage und unsicher ausgebildet, bald der Bogen in mehreren Punkten unvollständig oder vielfach, und bald erscheinen Wolken, welche das Licht auffangen, sich an ihren Rändern oder in ihrer Mitte färben, und die regelmäßige Form des Nordlichtes auf tausend mehr oder weniger merkwürdige Arten verändern.

Seitdem der Engländer Faraday entdeckt hat, daß durch magnetische Kräfte Licht entwickelt wird, hat sich die Ansicht, daß die Polarlichter mit dem Erdmagnetismus zusammenhängen, immer allgemeinere Geltung erworben und ist durch seine neueste Entdeckung, deren § 46 erwähnt wurde, im höchsten Grade wahrscheinlich geworden. Und in der That weisen viele Umstände auf diesen Zusammenhang hin. So ist schon in der Beschreibung des Meteors selbst wiederholt angedeutet worden, daß sich dasselbe am Horizonte da zu bilden anfängt, wo derselbe vom magnetischen Meridian durchschnitten wird, und daß die Krone des Nordlichtes, gleichsam der Gipfel dieses leuchtenden Himmelszeltes, an demjenigen Theile des Himmelsgewölbes sich bildet, welcher der Richtung der Neigungsnadel entspricht (§ 46.) Es werden ferner alle drei Aeußerungen des Erdmagnetismus, Abweichung,

Inklination und Intensität, zugleich von dem Polarlichte verändert, und endlich ist die Magnetnadel die Vorherverkündigerin des Polarlichtes, indem man beobachtet hat, daß sie bereits am Morgen vor der nächtlichen Lichterscheinung durch ihren unregelmäßigen stündlichen Gang die Störung des magnetischen Gleichgewichts anzeigt. Diese letztere Erscheinung berechtigt zu dem Schlusse, daß das magnetische Gleichgewicht gestört ist, bevor das Polarlicht sich zu bilden anfängt, und daß das Polarlicht mit seiner von Lichtentwickelung begleiteten Entladung gerade die Wiederherstellung des gestörten magnetischen Gleichgewichtes ist, gleichwie das gestörte elektrische Gleichgewicht durch den Blitzstrahl des Gewitters wieder hergestellt wird. Betrachtet man die ganze Erscheinung aus diesem Gesichtspunkte, so wird man den Ausdruck eines geistreichen Physikers, daß das Polarlicht ein magnetisches Ungewitter sei, verstehen. Wie aber beim elektrischen Ungewitter die Entladung unter heftigen Detonationen geschieht, so leuchtet das Polarlicht als ein still verstrahlendes Gewitter und verströmt seine magnetische Wirkung in weite und hohe Regionen der Atmosphäre, und wie das elektrische Ungewitter gewöhnlich auf einen kleinen Raum eingeschränkt ist, außerhalb welchem der Zustand der Luftelektrizität ungeändert bleibt, so offenbart dagegen das magnetische Ungewitter seine Wirkung auf den Gang der Nadel über große Theile der Kontinente, und deutet damit auf eine weit verbreitete tellurische Thätigkeit. Weil in luftverdünnten Räumen die Elektrizität mit bläulich gelben breiten Strahlen leuchtet, so erklärte man früher das Polarlicht für eine Wirkung der Luftelektrizität; allein schon die so eben angeführten Unterschiede zwischen beiden Arten von Ungewittern deuten für das Polarlicht auf eine andere Quelle hin, und neue mit sehr empfindlichen Elektrometern (Elektrizitätsmessern) angestellte Versuche haben gegen alle Erwartung bisher nur negative Resultate gegeben. Der Zustand der Luftelektrizität ward während der stärksten Nordlichter nicht verändert gefunden. Wol aber wird, wie bereits bemerkt, die Magnetnadel von Polarlichtern affizirt, wie das Elektrometer von elektrischen Gewittern, und es unterliegt keinem Zweifel mehr, daß jene mit dem tellurischen Magnetismus im Zusammenhange stehen und die Wiederhersteller seines gestörten Gleichgewichtes seien. Entscheidende Aufschlüsse dürfen indeß von Faradays neuester Entdeckung erwartet werden. Sehr merkwürdig ist auch die Erscheinung, welche Admiral Wrangel beobachtete, der an den sibirischen Küsten des Eismeers während des Nordlichts gewisse Regionen des Himmelsgewölbes, die nicht leuchteten, sich stets entzünden und dann fortglühen sah, wenn eine Sternschnuppe sie durchstrich; auch sah Olmstedt das Nordlicht von großer Intensität während des Novemberphänomens der Sternschnuppen im Jahr 1833, das von Jamaica bis Boston gesehen wurde.

Daß von der prachtvollen Erscheinung des farbigen Polarlichtes oft zuletzt nur Cirruswolken übrig bleiben, wurde Veranlassung, daß man in die-

ser Wolkenform die wesentliche Ursache der Polarlichter erkennen wollte, wie man in den dichten, ausgedehnten Cumuluswolken die Ursache der elektrischen Gewitter erblickt, und Humboldt sieht in diesem Zusammenhang des Polarlichtes mit den feinsten Cirruswölkchen einen meteorologischen Prozeß. „Der tellurische Magnetismus, sagt er, offenbart sich hier in seiner Wirkung auf den Dunstkreis, auf die Kondensation der Wasserdämpfe.“ Und in der That bemerkten alle neueren Beobachter, daß das Nordlicht die lebhaftesten Strahlen dann schoß, wenn in der hohen Luftregion Massen des Cirrostratus schwebten, und wenn diese so dünn waren, daß ihre Gegenwart nur durch die Entstehung eines Hofes um den Mond erkannt werden konnten. Die Wolken ordneten sich bisweilen schon bei Tage auf eine ähnliche Art, als die Strahlen des Nordlichtes, und beunruhigten dann wie diese die Magnetnadel. Major Sabina, der auf seiner Reise zur Bestimmung magnetischer Intensität bei der Insel Sky in Schottland vor Anker lag, sah an einem Berge der Insel ein Gewölk, welches während der Nacht an und für sich selbst und anhaltend leuchtend war, und aus welchem mehrere Male denen des Nordlichts ähnliche Strahlen hervorgingen. Nach einem großen nächtlichen Nordlichte erkannte man früh am Morgen dieselben an einander gereihten Wolkenstreifen, welche vorher leuchtend gewesen waren. Diese Erscheinung verdient, wie die angeführten Thatsachen zeigen, gewiß alle Aufmerksamkeit der Beobachter.

Manche wollen bei Nordlichtern ein Geräusch gehört haben. Man hat aber allen Grund, dies zu bezweifeln, seit neuere Beobachter, die zusammen an tausend Nordlichter gesehen, nie irgend ein Geräusch vernommen haben. „Der Glaube an ein knisterndes Geräusch, sagt Humboldt, ist nicht in dem Volke, sondern bei gelehrten Reisenden wol deshalb entstanden, weil man schon in früher Zeit, wegen des Leuchtens der Elektrizität in luftverdünnten Räumen, das Nordlicht für eine Wirkung atmosphärischer Elektrizität erklärte, und hörte, was man zu hören wünschte.“

Ich schließe diese Bemerkungen über das Polarlicht mit einer Stelle aus Humboldt's Kosmos, welche eine eigenthümliche Ansicht über dasselbe ausspricht. „Wenn das leuchtende Phänomen mit dem unbestimmten Namen des Polarlichtes bezeichnet wird, so ist damit nur die örtliche Richtung angegeben, in welcher am häufigsten, keineswegs immer, der Anfang der Lichtentwickelung gesehen wird. Was diesem Naturphänomen seine größere Wichtigkeit gibt, ist die Thatsache, daß die Erde leuchtend wird, daß ein Planet, außer dem Lichte, welches er von dem Zentralkörper, der Sonne, empfängt, sich eines eigenen Lichtprozesses fähig zeigt. Die Intensität des Erdlichtes, oder vielmehr die Erhellung, welche dasselbe verbreiten kann, übertrifft bei dem höchsten Glanze farbiger und nach dem Zenith aufsteigender Strahlung um ein Weniges das Licht des ersten Mondviertels. Bis-

weilen (7. Jan. 1831) hat man ohne Anstrengung Gedrucktes lesen können. Dieser, in den Polargegenden fast ununterbrochene Lichtprozeß der Erde leitet uns durch Analogien auf die denkwürdige Erscheinung, welche die Venus darbietet. Der von der Sonne nicht erleuchtete Theil dieses Planeten leuchtet bisweilen mit einem eigenen phosphorischen Scheine. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Mond, Jupiter und die Kometen außer dem, durch Polariscope erkennbaren, reflektirten Sonnenlichte auch von ihnen selbst hervorgebrachtes Licht ausstrahlen. Ohne der problematischen, aber sehr gewöhnlichen Art des Wetterleuchtens zu erwähnen, in der ein ganzes, tiefstehendes Gewölk viele Minuten lang ununterbrochen flimmernd leuchtet, finden wir in unserem Dunstkreise selbst noch andere Beispiele irdischer Lichterzeugung. Dahin gehören der berühmte bei Nacht leuchtende trockene Nebel der Jahre 1783 und 1831; der stille, von Rozier und Beccaria beobachtete Lichtprozeß großer Wolken, ohne alles Flimmern; ja, wie Arago scharfsinnig bemerkt, das schwache, diffuse Licht, welches in tief bewölkten, mond- und sternlosen Herbst- und Winternächten, ohne Schnee, unter freiem Himmel unsere Schritte leitet. Wie im Polarlichte, im elektro-magnetischen Ungewitter, in hohen Breiten die Fluth des bewegten oft farbigen Lichtes den Luftkreis durchströmt, so sind in der heißen Zone der Tropen viele tausend Quadratmeilen des Ozeans gleichzeitig lichterzeugend. Hier gehört der Zauber des Lichtes den organischen Kräften der Natur an. Lichtschäumend kräuselt sich die überschlagende Welle, Funken sprühet die weite Fläche, und jeder Funke ist die Lebensregung einer unsichtbaren Thierwelt. So mannigfaltig ist der Urquell des irdischen Lichtes. Soll man es sich gar noch verborgen, unentfesselt, in Dämpfen gebunden denken, zur Erklärung der Moserschen Bilder aus der Ferne, einer Entdeckung, in welcher uns die Wirklichkeit bisher wie ein geheimnißschweres Traumbild erscheint?"

Feuerkugeln und Meteorsteine.

§ 74. Es ist früher, im mathematischen Theile dieser Geographie, der verschiedenen Meteorströme gedacht worden, welche, aus Myriaden kleiner Weltkörper zusammengesetzt, unsere Erdbahn schneiden und deßhalb zu gewissen Zeiten des Jahres in außerordentlich zahlreichen Schwärmen am nächtlichen Himmel sichtbar sind. Wir betrachteten dort diese kleinen Weltkörper als Theile unsers Sonnensystems, als Weltkörper, welche, gleich den Planeten und Kometen, denselben Gesetzen der allgemeinen Schwere unterworfen sind; hier betrachten wir sie als meteorologische Erscheinungen, insofern sie aus den weiten Räumen des Sonnensystems in unsere Atmosphäre treten und uns die einzige Gelegenheit darbieten, uns mit der Natur solcher Fremdlinge näher bekannt zu machen. „Es sind, sagt Humboldt von den

Sternschnuppen und Meteorsteinen, nicht mehr Körper, die aus der Ferne blos durch Erregung von Schwingungen leuchtend oder wärmend einwirken, oder durch Anziehung bewegen und bewegt werden; es sind materielle Theile selbst, welche aus dem Weltraume in unsere Atmosphäre gelangen und unserem Erdkörper verbleiben. Wir erhalten durch einen Meteorstein die einzig mögliche Berührung von etwas, das unserem Planeten fremd ist. Gewöhnt, alles Nicht-Tellurische nur durch Messung, durch Rechnung, durch Vernunftschlüsse zu kennen, sind wir erstaunt zu betasten, zu wiegen, zu zersetzen, was der Außenwelt angehört. So wirkt auf unsere Einbildungskraft eine reflektirende, geistige Belebung der Gefühle, da wo der gemeine Sinn nur verlöschende Funken am heiteren Himmelsgewölbe, wo er im schwarzen Steine, der aus der krachenden Wolke herabstürzt, nur das rohe Produkt einer wilden Naturkraft sieht."

Keine heitere Nacht vergeht bekanntlich, in welcher wir nicht Sternschnuppen erblicken können; sehr häufig auch, wiewol seltener und nie in so großer Anzahl wie bei den Sternschnuppen, ist die Erscheinung der Feuerkugeln. Beide scheinen jedoch in naher Verwandtschaft mit einander zu stehen, und sind oft nicht blos gleichzeitig und gemischt, sondern gehen auch in einander über, man möge die Größe ihrer Scheiben, oder das Funkensprühen, oder die Geschwindigkeit der Bewegung (sie übertrifft, wie wir wissen, jede irdische Wurfgeschwindigkeit und erreicht 4½ — 9 Meil. in der Sekunde) mit einander vergleichen. Es ist indeß gar wol möglich, wenn schon bis jetzt noch nicht entschieden, daß einzelne dieser Körper auch ganz verschiedenartiger Natur sind. Die Feuerkugeln haben bisweilen einen scheinbaren Durchmesser gleich dem eines Sternes erster Größe, oder darüber, während er anderemale demjenigen der Sonne gleich kommt. Hieraus und aus ihrer Höhe folgt ein wirklicher Durchmesser von 100, für die größeren von 500 — 2600 Meilen. Ihr Licht ist oft, zumal wenn es bläulich oder röthlich weiß erscheint, an Helligkeit kaum dem Vollmondlichte ähnlich, andere Male ist es so blendend, daß es dem Auge wehe thut, und in mehreren Fällen sind Feuerkugeln auch am hellen Tage gesehen worden. Die Bahn dieser Meteore ist meistens regelmäßig gekrümmt und erscheint als Bogen eines kleineren oder größeren Kreises; manchmal aber ist sie auch geschlängelt, als ob zu ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit und der Einwirkung der Erdanziehung noch eine Bewegung aus dem Inneren der Feuerkugel käme, erzeugt durch das einseitige Ausströmen von Dämpfen. Man will auch Wendepunkte in ihrer Bahn beobachtet haben, als ob in einzelnen Fällen Feuerkugeln während ihres Falls zur Erde plötzlich zurückflögen und wieder aufwärts stiegen; allein Bessel hat erwiesen, daß bei dem Mangel an vollkommener Gleichzeitigkeit des beobachteten Verschwindens unter den veröffentlichten Beobachtungen keine vorkomme, welche der Annahme des Aufsteigens

eine Wahrscheinlichkeit gäbe und erlaubte, sie als Resultat der Beobachtungen anzusehen. Während des Laufes ändert die Feuerkugel zuweilen ihre Gestalt, sie wird elliptisch, aus ihrem hinteren Ende sprühen Funken aus, noch häufiger zieht sie einen Schweif nach, der sich nicht selten von ihr trennt und als ein rauchähnliches Wölkchen ohne eigene Bewegung zurückbleibt. So hat Humboldt in der amerikanischen Tropenzone auch Sternschnuppen von langen glänzenden Lichtbahnen begleitet gesehen. Was endlich die Höhe dieser Meteore betrifft, d. h. den Anfang und das Ende ihrer Sichtbarkeit, so ist dieselbe überaus verschieden, und schwankt zwischen 4 und 35 Meilen.

Es geschieht oft, daß Feuerkugeln zerspringen, unter einem betäubenden, weithin hörbaren Knall. So wurde den 10. Juli 1771 das Platzen einer Feuerkugel von Rouen bis Paris gehört. Das Zerplatzen ist das Ende des Meteors und es fallen dann gewöhnlich Meteorsteine bald in Stücken von einigen Pfund bis vielen Zentnern an Gewicht, bald in größeren Mengen kleinerer oder größerer Körner durch die Atmosphäre zur Erde nieder, welche bisweilen ganze Landesstrecken bedecken. Die größeren Stücke dringen oft 10 bis 15 Fuß tief in die Erde ein. Es scheinen die Meteorsteine die Trümmer der Feuerkugeln zu sein, und sehr genau beobachtete Aerolithenfalle, wie die zu Barbotan im Departement des Landes (24. Juli 1790), zu Siena (16. Juni 1794), zu Weston in Connecticut (14. Dezember 1807) und zu Juvenas in Ardeche-Departement (15. Juni 1821) scheinen den Zusammenhang der Meteorsteine mit dem größeren und glänzenderen Phänomen der Feuerkugeln zu erweisen. „Andere Erscheinungen der Steinfälle, sagt Humboldt, sind die, wo die Massen aus einem sich bei heiterem Himmel plötzlich bildenden kleinen, sehr dunkeln Gewölke, unter einem Getöse, das einzelnen Kanonenschüssen gleicht, herabgeschleudert werden. In seltenen Fällen, wie bei dem großen Aerolithenfalle, der unter donnerartigem Krachen (16. September 1843) zu Kleinwenden, unweit Mühlhausen, fiel, war der Himmel helle und es entstand kein Gewölk."

Feuerkugeln und Meteorsteine können in jedem Monate kommen, nur erscheinen sie in den Monaten August (und Februar), November (und Mai), also zur Zeit der regelmäßig eintretenden Sternschnuppenschwärme, in etwas größerer Zahl als in anderen Monaten. Das Fallen von Meteorsteinen ist daher kein so seltenes Ereigniß, und nach den während 26 Jahren in Frankreich beobachteten Fällen berechnete Chladni, der in der größten Allgemeinheit den Zusammenhang zwischen den Feuerkugeln und den aus der Atmosphäre herabgefallenen Steinen, wie die Bewegung der ersteren im Weltraume, auf das Scharfsinnigste erkannt hat, daß für die ganze Erde auf jeden Tag im Mittel zwei Fälle kommen. Von den älteren und neueren geschichtlichen Daten füge ich zu den schon gelegentlich angegebenen noch folgende hinzu. Angeführt wird ein solches Herabfallen als Donnerkeile in der parischen

Chronik (1478 v. Chr.), als Steinregen (1451 v. Chr.) von Josua X, 11, welcher die Feinde Josuas vernichtete, als heiliger Schild (705 v. Chr.) von Plutarch im Numa, welcher zu Numas Zeiten vom Himmel fiel, als feurige Steine von Plutarch im Fabius Maximus (206 v. Chr.), von Eisenmassen, welche auf dem Berg Ida in Kreta herabfielen (1168 v. Chr. in der parischen Chronik). Im 10. Jahrhundert fiel ein ungeheurer Aerolith in den Fluß bei Narni im Kirchenstaat, und ragt eine volle Elle hoch über dem Wasser empor. Ueber viele andere Aerolithenfälle, welche sich in verschiedenen Zeiten und Ländern ereigneten, haben Geßner, Proust, Spangenberg, Fabricius, Scheuchzer, Lalande u. A. die Beobachtungen aufgezeichnet. Seit dem Anfang dieses Jahrhunderts sind in Europa allein wol 100 Aerolithen herabgefallen, deren Fall genau konstatirt ist. — Seltener fallen Massen von Meteoreisen, welche voll innerer Höhlungen und Kanäle sind, und deren Eisen im Querschnitt krystallinisches Gefüge zeigt. Große Eisenmassen von unbekanntem Ursprung, frei auf dem Boden liegend und in Allem mit Meteoreisen übereinstimmend, werden allgemein als wirkliches Meteoreisen betrachtet. So die 14 Zentner schwere Meteoreisenmasse, die Pallas in Sibirien aufgefunden; ferner der sogenannte verwünschte Burggraf von Elbogen in Böhmen, eine fast 2 Zentner schwere Eisenmasse, die im XIV und XV Jahrh. vom Himmel gefallen sein soll; eine 3 Zentner schwere Masse am Cap der guten Hoffnung; mehrere bis 300 Zentner schwere Massen in Mexiko. Zu den bekannteren Ereignissen in neuerer Zeit gehört der Fall einer 71 Pfund schweren Eisenmasse zu Agram in Kroatien im J. 1751 am 26. Mai, 6 Uhr Abends. Ihr Herabkommen war von meteorischen Erscheinungen, namentlich von stark leuchtenden Feuerphänomenen begleitet. Durch an Ort und Stelle, in aller Form gepflogene, amtliche Untersuchungen wurde das Wahrhafte der Begebenheit vollkommen außer Zweifel gestellt. Wie die vernommenen Augenzeugen behaupteten, kamen die Massen in Gestalt von feurigen, verwickelten Ketten aus der Luft nieder. Das eine Stück wog 16, das andere 71 Pfund; letzteres war 3 Klafter tief in den kurz vorher gepflügten Boden eingedrungen und wird zu Wien aufbewahrt.

Die Meteorsteine sind unmittelbar nach dem Fall beträchtlich erhitzt, doch nicht rothglühend, und weich, so daß getroffene harte Körper Eindrücke verursachen. Aeußerlich zeigen sie eine nur einige Zehntel Linie dicke, schwarze oder dunkelgraue, glänzende Rinde, die bisweilen matt und geädert ist. Ueberall ist diese dunkle Rinde von der hellgrauen Masse des Meteorsteins scharf abgeschnitten. Im stärksten Feuer der Porzellanöfen kann man nichts hervorbringen, was der so rein von der unveränderten Grundmasse abgeschiedenen Rinde der Aerolithen ähnlich wäre. Im Inneren bestehen die meisten Aerolithen aus einer hell- oder auch dunkel-grauen Grundmasse, in welcher Punkte, oder zackige Theile und Nester verschiedener Mineralarten

eingesprengt sind. Die chemischen Elemente, aus denen die Meteormassen bestehen, sind dieselben, welche wir zerstreut in der Erdrinde antreffen: 8 Metalle, nämlich Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Chrom, Kupfer, Arsenik und Zinn, 5 Erdarten, Kali und Natron, Schwefel, Phosphor und Kohle; im Ganzen ⅓ aller uns bisher bekannten sogenannten einfachen Stoffe. Die Grundmasse enthält vorherrschend Talkerde und scheint ein inniges Gemenge eines augitartigen Minerals. Diese Bestandtheile der Meteormassen sind also denen vollkommen gleich, in die wir unsere unorganischen Körper zerlegen können, allein sie erscheinen in den Aerolithen in einer solchen Zusammensetzung, daß sie dadurch im Allgemeinen etwas Fremdartiges, den irdischen Gebirgsarten und Felsmassen Unähnliches erhalten. „Das fast in allen eingesprengte gediegene Eisen gibt ihnen einen eigenthümlichen, aber deßhalb nicht selenitischen Charakter: denn auch in anderen Welträumen und Weltkörpern, außerhalb des Mondes, kann Wasser ganz fehlen und können Oxidationsprozesse selten sein." Man hat geglaubt, daß die Temperatur der Meteormassen nach ihrem Eintritt in unsere Atmosphäre bis zur Schmelzhitze erhöht werde; „allein, sagt Humboldt, die Beschaffenheit der Grundmasse, der Mangel von Abplattung durch den Fall, und die nicht sehr beträchtliche Erhitzung bei erster Berührung des eben gefallenen Meteorsteins deuten im Allgemeinen keineswegs auf das Geschmolzensein des Inneren in dem schnell zurückgelegten Wege von der Grenze der Atmosphäre zur Erde hin."

Wenn die Meteormassen durch alle Jahrhunderte und in den verschiedensten Regionen der Erde, in denen man sie gesammelt hat, im Ganzen ihrer äußeren Form, der Beschaffenheit ihrer Rinde und der chemischen Zusammensetzung ihrer Hauptbestandtheile nach eine unverkennbare Uebereinstimmung zeigen, so leidet dieselbe im Einzelnen doch mancherlei Ausnahmen. Es gibt Meteoreisenmassen, deren Eisengehalt 96/100 Eisen beträgt, während andere kaum 2/100 Eisen enthalten, noch andere sind erdig, zerfallen im Wasser und sind ohne metallisches Eisen. Diese Verschiedenheiten führten daher zu der Eintheilung in nickelhaltiges Meteoreisen und fein- oder grobkörnige Meteorsteine.

Da die Bestandtheile der Meteormassen Mineralarten angehören, die mehr oder weniger häufig auch in der Erdrinde angetroffen werden, so hat dies hinsichtlich des Ursprungs der Aerolithen zu Ansichten Veranlassung gegeben, welche wenig mehr als Conjekturen sind. Ihre Abstammung aus dem Monde ist schon früher wiederlegt worden; ebenso wenig scheint die Ansicht derer haltbar, welche annahmen, sie seien aus den Vulkanen der Erde ausgeworfen, oder Anderer, die behaupten, sie entständen aus der Verbindung und Verdichtung ihrer Bestandtheile, die früher in Form von Gas in der Atmosphäre schwebten. Die Meteormassen fangen an zu leuchten in Höhen, die wir fast als luftleer betrachten müssen, oder die nicht 1/100000 Sauerstoff

enthalten; zudem können Lichtprozesse ohne Gegenwart des umgebenden Sauerstoffes vorgehen.

„Die Beweise, sagt Humboldt, die man von den oryktognostischen Aehnlichkeiten für einen tellurischen und atmosphärischen Ursprung der Aerolithen hernehmen will, scheinen mir nicht von großer Stärke. Warum sollten die Stoffe, welche zu Einer Gruppe von Weltkörpern, zu Einem Planetensysteme gehören, nicht großentheils dieselben sein können? Warum sollten sie es nicht, wenn man vermuthen darf, daß diese Planeten, wie alle größeren und kleineren geballten um die Sonne kreisenden Massen, sich aus der einigen, einst weit ausgedehnteren Sonnenatmosphäre, wie aus dunstförmigen Ringen abgeschieden haben, die anfänglich um den Zentralkörper ihren Kreislauf beschrieben? Wir sind, glaube ich, nicht mehr berechtigt, Nickel und Eisen, Olivin und Augit in den Meteorsteinen ausschließlich irdisch zu nennen, als ich mir erlauben würde, deutsche Pflanzen, die ich jenseits des Obi fand, als europäische Arten der nordasiatischen Flora zu bezeichnen. Sind in einer Gruppe von Weltkörpern verschiedenartiger Größe die Elementarstoffe dieselben, warum sollten sie nicht auch, ihrer gegenseitigen Anziehung folgend, sich nach bestimmten Mischungsverhältnissen gestalten können, in der Polarzone des Mars zu weißglänzendem Schnee und Eis, in anderen, kleineren kosmischen Massen zu Gebirgsarten, welche Olivin-, Augit- und Labradorkrystalle einschließen? Auch in der Region des blos Muthmaßlichen darf nicht eine ungeregelte, auf alle Induktion verzichtende Willkür der Meinungen herrschen.“

Man hat nicht selten drei- und sechsstündige Verdunkelungen des Himmels beobachtet, die man geneigt ist, seitdem die Sternschnuppenströme, nach der Richtung ihrer Bahn, als ein geschlossener Ring betrachtet werden, in Zusammenhang mit den regelmäßig wiederkehrenden Sternschnuppenschwärmen zu setzen. „Adolph Ermann, bemerkt Humboldt, hat mit vielem Scharfsinn und genauer Zergliederung der bisher gesammelten Thatsachen auf das Zusammentreffen der Konjunktion der Sonne sowol mit den Augustasteroiden (7. Februar), als mit den Novemberasteroiden (12. Mai, um die Zeit der im Volksglauben verrufenen kalten Tage Mamertus, Pancratus und Servatius) aufmerksam gemacht.“ Ebenso hat Mädler die mittlere Temperaturerniedrigung in diesen drei Maitagen durch 86jährige Berliner Beobachtungen geprüft und in den Temperaturen vom 11. — 13. Mai einen Rückschritt von 1°, 22 C gerade zu einer Zeit gefunden, in welche fast die schnellste Vermehrung der Wärme fällt. Früher schrieb man die Erscheinung dieser Temperaturerniedrigung dem Schmelzen der Eismassen im Nordosten von Europa zu; mir scheint es nicht unwahrscheinlich, daß die Sternschnuppenschwärme die Ursache derselben seien.

Zweiter Abschnitt.

Vom Wasser.

Allgemeine Verhältnisse.

§ 75. Man hielt das **Wasser**, wie die Luft, schon frühe für ein Element, und die ältesten Weisen der Inder und Griechen bezeichneten das Urwesen, das unmittelbar lebendige, aus dem alle Dinge geworden sind, geradezu als Wasser. Erst sehr spät führte die nähere Kenntniß des Wasserstoffgases auf die Entdeckung seiner Zusammengesetztheit (im Jahr 1781 durch Cavendisch), welche vorher schon Newton aus seinem starken Lichtbrechungsvermögen geschlossen hatte. Das Wasser besteht aus 2 Volumen **Wasserstoffgas** und 1 Volumen **Sauerstoffgas**, oder, in Gewichtstheilen ausgedrückt, aus 88,9 (88,94) Sauerst. und 11,1 (11,06) Wasserst. Der Umstand zwar, daß das Wasser durch die beiden Elektrizitäten sich in diese beiden, einander polarisch entgegengesetzten Stoffe umwandeln läßt, ist Veranlassung geworden, daß einige neuere Naturforscher wieder zu der ältesten Ansicht, daß das Wasser ein Element sei, zurückkehrten; dies hindert uns aber nicht, es dennoch als zusammengesetzt zu betrachten. Die Verbindung beider Elemente in dem angegebenen Verhältniß zu Wasser ist allerdings eine höchst indifferente, dessen ungeachtet theils durch die große Rolle, welche sie in der belebten und leblosen Natur spielt, theils durch den mächtigen Einfluß, welchen sie auf andere Körper ausübt, die wichtigste aller chemischen Verbindungen. Viele Erscheinungen, die man sonst nicht zu erklären vermochte, werden jetzt leicht durch die Bildung und Zersetzung des Wassers erklärt. Groß ist auch seine auflösende Kraft, die es sowol im tropfbar-flüssigen als im dampfförmigen Zustande besitzt. Metalle zwar vermag es nicht zu lösen, wol aber die meisten Erden, wenn gleich langsam und in kleinen Quantitäten, und sehr leicht einige Salze, welche daher auch überall, wo sie mit dem Wasser in Berührung kommen, sich ihm mittheilen. Bei einer wahren Lösung, verschieden von einer blos mechanischen Mengung, entzieht sich der gelöste Stoff immer in seiner

räumlichen Begrenzung unseren Sinnen, er verschwindet so zu sagen im Wasser, und man erkennt seine Anwesenheit nur durch diese oder jene Eigenschaft, die er dem Wasser beilegt, sei es eine Farbe, oder ein besonderer Geschmack, oder eine Volumenvermehrung, oder eine größere Schwere. Allerdings wird das Wasser auch verändert, und beide Stoffe, das Wasser wie die in ihm gelöste Substanz, durchdringen sich also bei Lösungen auf die Weise, daß der eine die Individualität des anderen vernichtet, während die seinige sich zugleich ändert. Bei mechanischen Mengungen dagegen behält jeder Theil seine eigenthümliche Individualität bei, und es ändert sich höchstens nur die räumliche Beziehung des einen zum anderen. Aus der auflösenden Kraft des Wassers folgt von selbst, daß reines Wasser nur durch Destillation erhalten werden kann, in der Natur findet man es kaum in vollkommener Reinheit, so daß es völlig durchsichtig, geruch- und geschmacklos wäre. Selbst Regenwasser enthält immer einen Antheil von aufgelöster Kohlensäure, Quell- und Flußwasser enthalten noch mehr von derselben und mittelst ihr eine veränderliche Menge Kalkerde, zuweilen auch etwas Natron und Gips aufgelöst; im Seewasser findet sich, außer seinen salzigen Theilen, mehr oder weniger Erdharz, Phosphor und andere Bestandtheile, während die Salzwasser einen beträchtlichen Antheil von Kochsalz und außerdem noch andere Neutral- oder Mittelsalze enthalten.

Seinen tropfbar-flüssigen Aggregatzustand behält das Wasser, wenn es den gehörigen atmosphärischen Druck erleidet, bei allen Temperaturen, welche höher sind als der Nullpunkt des Thermometers, bei, ist es aber bis unter Null erkaltet, so pflegt es bekanntlich die feste Form anzunehmen, es gefriert und verwandelt sich in Eis. Jedoch können wenigstens kleine Mengen von Wasser bis auf die Temperatur von — 12° abgekühlt werden, ohne zu gefrieren, insofern nur große Sorgfalt darauf verwendet wird, jede Erschütterung und Berührung desselben mit Sand, oder sonst mit eckigen Körpern zu vermeiden. Die Eisbildung beginnt in der Gestalt prismatischer Kristalle, die sich unter Winkeln von 60° und 120° durchkreuzen, und z. B. an den Fenstern die Dendriten oder sechszackigen Gestalten bilden. Wenn sonst die Körper beim Uebergange in den Zustand der Festigkeit sich zusammenziehen, so ist dies mit dem allgemeinen Gesetze der Vermehrung ihres Volumens durch Temperaturerhöhung und der Verminderung desselben durch Temperaturabnahme (§ 55) übereinstimmend; einige Körper machen jedoch hiervon eine Ausnahme, und zu ihnen gehört das Wasser, welches schon vor seinem Festwerden den Punkt der größten Dichtigkeit erreicht. Gefriert es, so nimmt sein Volumen plötzlich um den neunten Theil zu, wobei seine Elemente, welche im flüssigen Zustande so gelagert sind, daß ihre Achsen rechte Winkel bilden, im festen solche von 60° und 120° machen. Die Ausdehnung des Eises geschieht mit einer ganz unglaublichen Kraftäußerung; alte eiserne

Bomben, welche mit starken Hämmern nicht zertrümmert werden konnten, wurden durch dieses Mittel zersprengt. Die bei — 16°,8 ausgeübte Gewalt betrug, nach Versuchen, 1,4 Pfund auf eine Kubiklinie des Eises, und da sie mit zunehmender Kälte wächst, so gehört das Eis zu den stärksten mechanischen Sprengungsmitteln und ist eine sehr wirksame Ursache bei Zerstörungen von Felsarten.

Seine größte Dichtigkeit erlangt das reine Wasser bei einer Temperatur von 3°,5 über dem Nullpunkt des Thermometers, macht also die schon vorhin berührte Ausnahme von den für die Einwirkung der Wärme auf flüssige Körper bestehenden Regeln, eine Ausnahme, welche für die kälteren Erdstriche von Wichtigkeit ist. Ein bedeutender Theil derselben würde sonst, wenn es sich anders verhielte, unbewohnbar bleiben, indem das Wasser im Winter ziemlich bald, selbst in großen Seen, bis zum Nullpunkt und darunter abgekühlt würde und seiner ganzen Masse nach auf Einmal erstarrte. So aber sinkt das Wasser, sobald es bis zu 3°,5 abgekühlt ist, bei dieser Temperatur also seine größte Dichtigkeit und Schwere erreicht hat, in den Seen zu Boden, und wenn endlich der ganze See diese Temperatur angenommen hat, kann nur das Oberflächenwasser noch unter diesen Grad abgekühlt werden; es wird alsdann leichter, bleibt oben und kann seine Temperatur den unterliegenden Schichten nur sehr langsam mittheilen, weil das Wasser im Zustand der Ruhe, wie überhaupt alle tropfbaren Flüssigkeiten, ein schlechter Wärmeleiter ist. Aus derselben Ursache muß daher auch in jedem, zumal dem stehenden süßen Wasser, zu solchen Jahreszeiten, in welchen das Wasser bis zu 3°,5 zu erkalten vermag, ein andauernder Schichtungs- und Lagerungswechsel Statt haben, indem das bis zu 3°,5 abgekühlte Oberflächenwasser unter das wärmere oder kältere unterliegende Wasser herabsinkt. Steigt von 3°,5 an die Temperatur des Wassers, so dehnt es sich allmälig aus, bis es bei 80° zu sieden anfängt, doch geschieht diese Ausdehnung nicht in steigender Progression; ebenso findet eine Ausdehnung Statt, wenn sich das Wasser unter 3°,5 abkühlt. Das Sieden ist bekanntlich der mit Heftigkeit erfolgende Verdampfungsprozeß des Wassers und tritt erst ein, wenn die Elastizität des Dampfes dem atmosphärischen Drucke gleich ist, oder ihn übertrifft. Dies ist bei einem gewöhnlichen Luftdrucke an der Oberfläche des Meeres bei der Temperatur von 80° der Fall; ändert sich aber der Druck der Luft, so ändert sich damit auch die Temperatur des Siedepunktes, sie wird niedriger, wenn der Druck abnimmt, und höher, wenn er zunimmt, so daß deßwegen das Wasser auf einem hohen Berge bei einer merklich geringeren, in Schachten dagegen bei einer höheren Temperatur als 80° R siedet.

Das Verhältniß, welches zwischen dem Wasser und der Wärme obwaltet, ist schon oben § 55, als vom Verdampfen die Rede war, kurz erwähnt und gesagt worden, daß das Wasser (mit Ausnahme des Wasserstoffgases) mehr Wärme absorbire, als irgend ein anderer Körper. Eis im schmelzenden Zu-

stande absorbirt ebenso viel Wärme als erforderlich ist, um seine Temperatur um 60° zu erhöhen, es entbindet aber auch dasselbe Quantum Wärme, wenn die Eisbildung wieder eintritt. Expandirt sich Wasser zu Dampf, so bindet es eine Menge Wärme, wodurch seine Temperatur bis auf 432° und 440° gebracht werden könnte, es läßt diese Wärme aber wieder frei, wenn sich der Dampf zu Wasser kondensirt. Wir haben hier einen Punkt, der uns zeigen kann, wie alle Erscheinungen der Atmosphäre zugleich Ursache und Wirkung sind, eine wechselseitige Lösung und Bindung der Kräfte. Durch höhere Temperatur wird die Verdunstung vermehrt und durch vermehrte Verdunstung Kälte erzeugt; steigende Kälte läßt das Wasser gefrieren, und bei der Bildung des Eises wird wieder Wärme frei. Man sieht daher leicht, daß große Wassermassen einen mächtigen Einfluß auf die Temperaturverhältnisse der umgebenden Luft haben müssen, indem sie hemmend und verzögernd auf plötzliche Veränderungen derselben einwirken.

Die Kompressibilität des Wassers ist sehr gering, und darum nimmt in größerer Tiefe seine Dichtigkeit nur unbedeutend zu. Dagegen übt es daselbst einen außerordentlichen Druck aus, der schon bei 1000 Faden (6 Fuß) Tiefe beinahe dem von 200 Atmosphären gleich kommt, unter welchem nach Muncke das Wasser erst bei einer Temperatur von 320° sieden würde.

Man unterscheidet die tellurischen Wasser in ihrem Zusammenhange als Meer von den Gewässern, welche in Quellen, Flüssen und Seen vereinzelt auf dem Festlande vorkommen und jenem untergeordnet erscheinen. Man kann daher in einem gewissen Sinne das Meer als das Urgewässer der Erde betrachten, insofern nämlich durch das Aufsteigen seines verdampfenden Oberflächenwassers und durch die Ansammlung desselben zu Wolken die verschiedenen atmosphärischen Niederschläge bedingt werden, welche, indem sie an den Bergen herniederfließen, nach bestimmten Flußgebieten zu Flüssen und Seen sich vergrößern, oder eindringend in die Erde zu Quellen sich sammeln und dann mit den Bächen und Strömen fortfließen, bis diese sekundären Wasser alle zuletzt durch abströmende Flüsse wieder in dem ursprünglichen großen Behälter sich sammeln, um diesen Kreislauf später auf's Neue zu beschreiben.

I. Das Meer.

Größe und Grenzen des Meeres.

§ 76. Das Weltmeer, oder der Ozean, ist die größte zusammenhängende Wassermasse, welche das feste Land umfluthet und die bedeutendsten und ausgedehntesten Vertiefungen der Erdoberfläche ausfüllt. „Das Meer, sagt Hegel, gibt uns die Vorstellung des Unbestimmten, Unbeschränkten und Unendlichen, und indem der Mensch sich in diesem Unendlichen fühlt, so ermuthigt dies ihn zum Hinaus über das Beschränkte; das Meer ladet den Menschen zur Eroberung, zum Raub, aber ebenso zum Gewinn und zum Erwerbe ein; das Land, die Thalebene fixirt den Menschen an den Boden; er kommt dadurch in eine unendliche Menge von Abhängigkeiten, aber das Meer führt ihn über diese beschränkten Kreise hinaus. Die das Meer befahren, wollen auch gewinnen, erwerben; aber ihr Mittel ist in der Weise verkehrt, daß sie ihr Eigenthum und Leben selbst in Gefahr des Verlustes setzen. Das Mittel ist also das Gegentheil dessen, was sie bezwecken. Dies ist es eben, was den Erwerb und das Gewerbe über sich erhebt, und ihn zu etwas Tapferem und Edlem macht. Muth muß nun innerhalb des Gewerbes eintreten, und Tapferkeit ist zugleich mit der Klugheit verbunden. Denn die Tapferkeit gegen das Meer muß zugleich List sein, da sie es mit dem Listigen, dem unsichersten und lügenhaftesten Elemente zu thun hat. Diese unendliche Fläche ist absolut weich, denn sie widersteht keinem Drucke, selbst dem Hauche nicht: sie sieht unendlich unschuldig, nachgebend, freundlich und anschmiegend aus; und gerade diese Nachgiebigkeit ist es, die das Meer in das gefahrvollste und gewaltigste Element verkehrt. Solcher Täuschung und Gewalt setzt der Mensch lediglich ein Stück Holz entgegen, verläßt sich blos auf seinen Muth und seine Geistesgegenwart, und geht so vom Festen auf ein Haltungsloses über, seinen gemachten Boden selbst mit sich führend. Das Schiff, dieser Schwan der See, der in wehenden und runden Bewegungen die Wellenebene durchschneidet oder Kreise in ihr zieht, ist ein Werkzeug, dessen Erfindung ebenso der Kühnheit des Menschen, als seinem Verstande die größte Ehre macht." Vor Erfindung des Schiffes war das Meer blos das Aufhören des Landes, das Trennende, seit seiner Erfindung und seitdem Columbus „den Ozean zu entfesseln gesandt war," ist es das Länder und Völker verbindende Element geworden, ohne welches weder die jetzige Kenntniß von der Gestaltung des Erdraums, noch die Vervollkommnung der astronomischen und physikalischen Wissenschaften je möglich gewesen wäre.

„Aeußerlich weniger gestaltenreich als die Oberfläche der Kontinente,

sagt Humboldt in seinem Kosmos, bietet das Weltmeer bei tieferer Ergründung seines Inneren vielleicht eine reichere Fülle des organischen Lebens dar, als irgendwo auf dem Erdraume zusammengedrängt ist. Mit Recht bemerkt in dem anmuthigen Journal seiner weiten Seereisen Charles Darwin, daß unsere Wälder nicht so viele Thiere bergen als die niedrige Waldregion des Ozeans, wo die am Boden wurzelnden Tanggesträuche der Untiefen oder die frei schwimmenden, durch Wellenschlag und Strömung fortgerissenen Fucuszweige ihr zartes, durch Luftzellen emporgehobenes Laub entfalten. Durch Anwendung des Mikroskops steigert sich noch mehr, und auf eine bewundernswürdige Weise, der Eindruck der Allbelebtheit des Ozeans, das überraschende Bewußtsein, daß überall sich hier Empfindung regt. In Tiefen, welche die Höhe unserer mächtigsten Gebirgsketten übersteigen, ist jede der auf einander gelagerten Wasserschichten mit polygastrischen Seegewürmen, Cyclidien und Ophrydinen belebt. Hier schwärmen, jede Welle in einen Lichtsaum verwandelnd und durch eigene Witterungsverhältnisse an die Oberfläche gelockt, die zahllose Schaar kleiner, funkelnd- blitzender Leuchtthiere. Die Fülle dieser kleinen Thiere und des animalischen Stoffes, den ihre schnelle Zerstörung liefert, ist so unermeßlich, daß das ganze Meerwasser für viele größere Seegeschöpfe eine nährende Flüssigkeit wird."

Wir nennen nur die ganz großen, ausgedehnten Theile der allgemeinen Wassermasse Ozeane, die kleineren dagegen Meere, Binnenmeere, und die in's Land eindringenden untergeordneten Glieder beider Busen und Buchten. Der Flächeninhalt aller Ozeane und Meere beträgt fast ³/₄ der Erdoberfläche und verhält sich bei dem jetzigen Zustande der Planetenoberfläche zu dem des Festlandes, genauer bezeichnet, wie 2⁴/₅ : 1 (nach Anderen wie 270 : 100). Die Inseln bilden dermalen kaum ¹/₂₃ der Kontinentalmassen und bieten auf der nördlichen Halbkugel dreimal soviel Land dar als auf der südlichen; zudem lagern die breitesten Landmassen in der nördlichen heißen, gemäßigten und kalten Zone, so daß demnach die südliche Hemisphäre vorherrschend Wasserhalbkugel ist. Vom 40° südl. Breite an gegen den antarktischen Pol hin ist die Erdrinde fast ganz mit Wasser bedeckt und nur etwa ¹/₂₅ derselben besteht aus Land. Ebenso überwiegend tritt die Wassermasse auf der westlichen Erdhälfte auf, zwischen den Ostküsten der alten und den Westküsten der neuen Welt, und ist innerhalb dieser Grenzen nur durch zum Theil sparsame Gruppen kleiner Inseln unterbrochen. Die südliche und westliche Halbkugel sind also die wasserreichsten Regionen der Erde, und 5 Millionen Quadratmeilen reichen nicht zur Bestimmung ihrer Wasserfläche. Es ist nicht schwer einzusehen, daß dieses quantitative Verhältniß von Festland und Meer mächtig einwirken muß auf die Wärmevertheilung und den damit in Verbindung stehenden veränderlichen Luftdruck, auf die Richtung der Winde und auf den Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre, von dem die

Vegetationskraft abhängt und die Erhaltung und Erfrischung aller organisirten Wesen. Denken wir uns das Verhältniß umgekehrt, wir würden da, wo jetzt Pflanzen und Thiere gedeihen und Menschen wohnen, entweder vor Kälte starrende Oeden oder wasser- und vegetationsarme Wüsten antreffen; denn die alsdann von dem nur etwa den vierten Theil der Erdoberfläche bedeckenden Meere ausgehauchten Dünste würden nicht hinreichend sein, der Atmosphäre über dem Festlande die nöthige Feuchtigkeit zu liefern, welche zum Gedeihen von Pflanzen und Thieren erforderlich ist.

Die Grenzen des Weltmeeres sind die vielfach unregelmäßig gekrümmten, selten auf größere Erstreckung gradlinig fortlaufenden, oft zackig hervorspringenden, buchten- und busenreichen Ufer, die große, für den Verkehr der Völker wichtige Berührungslinie von Land und Wasser, die Grenze des starren und des die Länder verbindenden Elementes. Die Meeresufer zeigen die auffallendsten Spuren bedeutender Veränderungen, wie solche von den Einwirkungen des beweglichen Fluidums, das sie bespült, von dem Wellenschlage, der sie peitscht, von der auflösenden Kraft des Wassers, das sie bewegt, und von den Sand und Schlamm führenden Strömen zu erwarten sind. Im Allgemeinen bestehen die Ufer entweder aus steilen Felsenwänden, die oft, wie die Westküste Südamerikas, oder die Ostküsten Arabiens, zu bedeutenden Höhen ansteigen, oder aus einzelnen hervorspringenden Felsen, wie wir dergleichen an den Westküsten Schottlands und Norwegens antreffen, an denen die furchtbare Brandung des Meeres ein weithin vernehmbares Brausen verursacht, oder endlich die Küsten bestehen aus mehr oder minder geneigten Ebenen, wie z. B. die afrikanische Nordwest- und die Ostküste Amerikas. Solche Küsten erstrecken sich oft mit allmäliger Verflachung viele Meilen weit in's Meer, erschweren das Annähern der Schiffe und werden nicht selten von der Fluth, zumal wenn Sturmwinde sie unterstützen, überschwemmt. Sie sind sandig und bilden in ihrer weiteren Erstreckung seewärts zahlreiche Sandbänke und Dünen, während von den felsigen Steilküsten aus Klippen und Riffe in die See fortlaufen.

Das Weltmeer, von Pol zu Pol reichend, ist eine zusammenhängende Wassermasse, aus welcher die Kontinente als gewaltige Inseln hervortauchen, und namentlich hängt die große Wassermasse des südlichen Theiles der Südhemisphäre mit den übrigen durch so große Verbindungsglieder zusammen, daß dort eine genaue Begrenzung derselben durchaus als willkührlich erscheinen muß. Jedoch unterscheidet man gewöhnlich, theils wegen der bequemeren Bestimmung der wechselseitigen Lage der Landmassen, theils zur Orientirung auf der großen Wasserfläche selbst, fünf große Wassergebiete:

1. Den großen Ozean oder das stille Meer, das unter den Wendekreisen einen Flächenraum von 145 Längengraden einnimmt und sich über $^1/_3$ der ganzen Erdkugel ergießt; es füllt die größte Vertiefung der Erdoberfläche

unmittelbar zwischen den gewaltigsten Massenerhebungen Asiens und Amerika's. Durch die schmale Behringsstraße steht dieser Ozean mit dem nördlichen Eismeere, im Westen und Süden mit den übrigen Ozeanen in Verbindung. Weil die großen Kontinente nicht bis zum südlichen Eismeere reichen, so nimmt man den Meridian der Südspitze von Amerika, den 53sten als fernere Ostgrenze, die Ostküsten Neuhollands, dann den Meridian des südwestlichen Vorgebirgs von Neuholland, des Kaps Leeuwin, welches unter 132½° O. L. und 34½° S. Br. liegt, als die südlichen Westgrenzen desselben an. Die Ostküste Australiens ist glücklich gebildet, sicher und durch schöne Häfen ausgezeichnet; dagegen sind die Inseln des asiatischen Archipels meistens schwer zugänglich, und ebenso werden die Ostküsten Asiens durch die Unzugänglichkeit eines großen Theils der davor liegenden Inseln verschlossen. Die ganze Westküste Amerika's hat zwar eine hohe sichere Küste, besitzt aber dennoch weniger Häfen als man erwarten sollte, weil sie sehr einförmig gebildet ist. Die Fahrt auf dem großen Ozean ist nach den verschiedenen Breitengraden verschieden; vom 5° N. Br. bis zum 30° S. Br. wird er fast stets still und heiter gefunden und deßhalb mit Sicherheit und Leichtigkeit befahren, nördlicher und südlicher herrschen oft die heftigsten und gefährlichsten Stürme, welche die Küstenfahrt ungemein erschweren. Ueberhaupt ist die Schifffahrt auf demselben, meistens von Europäern getrieben, noch nicht so bedeutend, als sie sein könnte, weil die amerikanischen Küsten der Kultur noch zu wenig geöffnet, die Chinesen in ihrer Bildung stehen geblieben sind und die australischen Inseln sich des Handels zu wenig befleißigen. Da die Umschiffung des Kap Hoorn mit Gefahr und großem Zeitverlust verknüpft ist, so hat man zur Belebung der Schifffahrt auf diesem großen Meere längst den Plan einer Durchstechung der Landenge von Panama entworfen, um durch einen Kanal den atlantischen mit dem stillen Ozean zu verbinden. Der Spanier Vasco Nunnez de Balbao war der erste Europäer, der am 25. Sept. 1513 die Südsee sah und sie für seinen König in Besitz nahm; Ferdinand Magelhaens der erste Europäer, der sie von 1519 — 1521 befuhr.

2. Der indische Ozean erstreckt sich von der afrikanischen Ostküste bis zur Westküste Australiens und von den südasiatischen Küsten südwärts bis zu unbestimmten Grenzen, wo er mit dem südlichen Meere unmittelbar, ostwärts durch zahlreiche Wasserstraßen mit dem großen und am Kap d. g. Hoffnung mit dem atlantischen Ozean zusammenhängt. Er liegt größtentheils auf der südlichen und ganz auf der östlichen Halbkugel und hat die Gestalt eines großen, nach Süden geöffneten Meerbusens. Der nördliche Theil desselben ist reich an Inseln, während der südliche nur Kerguelensland enthält. Die Küsten dieses Ozeans sind am günstigsten gebildet in Asien, die afrikanische ist meistens flach und hafenarm, die australische ohne Einschnitte und die der indischen Inseln zwar größtentheils hoch und steil, aber

nicht hafenreich und den Wellen meistens ganz blos gestellt. Bedeutender als auf dem großen ist die Schifffahrt auf dem indischen Ozean, namentlich wegen der reichen Kolonien der Holländer auf den Sundainseln und Molukken und noch mehr wegen Ostindien, diesem Sammelplatze der Weltschiffer und Ausgangspunkte der reichsten Produktenspende an Edelsteinen und Gewürzen. In dem langen Zeitraume von 4000 Jahren haben Indiens Produkte dieselbe Wichtigkeit für den Handel behalten und ist sein Verkehr der mannigfaltigsten Art nach allen Regionen und durch alle Zonen von höchster Bedeutung geblieben.

3. Größer als der indische, aber in geringerer Breite als die beiden vorgenannten Ozeane ergießt der atlantische Ozean seine Fluthen zwischen der Westküste der alten und der ganzen östlichen Küstenlinie der neuen Welt vom nördlichen Eismeere, mit welchem er auf einer großen Erstreckung im Zusammenhange steht, bis zum südlichen Eismeere, wo er den großen und indischen Ozean unter den beiden Meridianen des Kap Hoorn und d. g. Hoffnung trennt. Er liegt auf der westlichen und östlichen, nördlichen nnd südlichen Halbkugel, seine Ausdehnung von Norden nach Süden beträgt 133°, oder 1995 Meilen, seine Breite von der Straße von Gibraltar bis zur Oeffnung des Bahama-Kanals 950 Meilen, vom Kap Sierra Leone bis zum Kap St. Roque 390 Meilen und vom Kap d. g. Hoffnung bis zum Kap Hoorn 900 Meilen. Die Küsten des südlichen Theils sind in Afrika und Südamerika sehr einförmig, die des nördlichen Theils in Europa und Nordamerika durch Meerbusen und Binnenmeere vortheilhaft gebildet, namentlich zeichnet sich in dieser Hinsicht Europa aus, in dessen Kontinent Meeresglieder tief und mannigfaltig eindringen, dadurch ein lebhaftes Wechselverhältniß zwischen Land und Meer erzeugen und eine der ersten Bedingungen des europäischen Welthandels sind. Unter allen großen Meeren ist der atlantische Ozean der befahrenste, die auf ihm wehenden Passate, seine großen Meeresströme, die Europa zugekehrten Mündungen der großen amerikanischen Flüsse, sowie die einander zugewendeten Handelsstaaten beider Erdtheile begünstigen einen ungemeinen Völkerverkehr, der mit zunehmender Kultur und Konsolidirung der amerikanischen Staaten immer größer werden wird. Seine mittlere Breite von etwa 600 Meilen, der merkwürdige Parallelismus seiner Küsten in der alten und neuen Welt macht, daß er einem großen Meeresthale gleicht, das im Norden zwischen England und den Vereinigten Staaten in 2 — 3 Wochen eine Ueberfahrt gestattet.

4. und 5. Die beiden Eis- oder Polarmeere. Das südliche Eismeer, ein ganz uneingeschlossenes, freies Meer fast ohne Land, lagert sich um den Südpol, ist ohne alle Ländergrenzen und hängt desnahen ununterbrochen mit den drei großen Ozeanen zusammen. Seine Eismassen reichen gegen Norden weit über den Polarkreis hinaus, scheinen aber in einer gewissen

Nähe des Pols seltener und das Meer offener zu werden. Das nördliche Eismeer hat größtentheils Landgrenzen, nämlich die nördlichen Küsten Amerikas, Europas und Asiens; zwischen Europa und Amerika, wo die Landgrenze fehlt, bildet der nördliche Polarkreis, der das Nordkap der Insel Island berührt, und zwischen Amerika und Asien die Behringsstraße die Grenze. Es ist fast in allen seinen Theilen, welche das Land berühren, das ganze Jahr hindurch mit Eis und nur an seinen Südgrenzen im Sommer ohne feststehendes Eis, aber mit Treibeis bedeckt. Zu den Merkwürdigkeiten dieses Meeres gehören die bedeutende Menge in ihm lebender Wallfische, die jährlich sich wiederholenden Züge von Häringen, das Treibholz, oder große, mit den Wurzeln ausgerissene, von Holzwürmeren zerfressene Tannen, Fichten, Lärchen u. s. w., endlich die geringe Ebbe und Fluth. Auch in ihm scheinen die nächsten Umgebungen des Pols eisfrei zu sein. Seine Küsten sind die unwirthbarsten, ödesten und wildesten und wären ohne das von den Strömungen der südlicheren Meere hierher geführte Treibholz, sowie ohne den Reichthum von Seethieren unbewohnt und unbewohnbar. Auch ist dieses Meer wegen seiner großen Eismassen, der Rauheit seines Klimas und der häufigen dicken Nebel kaum zu beschiffen. Dennoch haben die Europäer versucht, eine kürzere Fahrt nach Asien, als um die Südspitze Afrikas, oder eine sogenannte Durchfahrt zu entdecken. Die nordöstliche Durchfahrt um Novaja Semlja herum durch die sibirischen Polinjen (s. § 81) wurde namentlich von den Russen versucht. Weil aber zu erwarten steht, daß dort von Jahr zu Jahr das Eis, sowie auch die Schwierigkeit der Durchfahrt sich mehren werde, mithin ein Handelsweg in dieser Gegend der Erde schwerlich entstehen kann, so ist diese Durchfahrt aufgegeben. Nicht so die nordwestliche, oder die Umschiffung Nordamerikas von der Baffinsbai bis zur Behringsstraße, welche im J. 1837 vermittelst einer Eisblänke (eine eisfreie Stelle im Meere) zwischen den Nordgeorgischen Inseln, insbesondere der Melville-Insel und dem Gestade des Festlandes gelungen zu sein scheint. Die Entdeckung ist indeß nur von wissenschaftlicher, nicht von kommerzieller Bedeutung; denn die Baffinsbai und Barrowstraße müßten jedes Jahr frühzeitig zugänglich werden, wenn eine nordwestliche Durchfahrt aus dem atlantischen Ozean in die Südsee für Handelsunternehmungen von Nutzen sein sollte.

Der Meeresspiegel.

§ 77. Da das Seewasser wegen der Verschiedbarkeit seiner kleinsten Theile den Einflüssen der Schwere und Schwungkraft leicht Folge zu leisten im Stande ist, so muß einerseits das Meer ein solches Sphäroid bilden, als der Rotation der Erde und der Beweglichkeit seiner tropfbar-flüssigen Masse

angemessen ist, andrerseits muß seine Oberfläche nach dem Gesetz der Schwere mit der Oberfläche des ganz eben gedachten Erdellipsoides parallel laufen und eine wenig modifizirte Kugelfläche bilden. Man nennt diese ebene Oberfläche des Meeres seinen Spiegel oder sein Niveau, welches im Allgemeinen in gleicher Höhe liegt, und deßhalb auch als die einzig wahre Basis für unsere Höhenmessungen zu betrachten ist. Diese weite Spiegelfläche ist es, von welcher Dichter sagen, daß sie uns mit dem erhabenen Bilde des Unendlichen erfülle, in ihren fernen Horizont, wo unbestimmt wie im Dufte Wasser und Luft an einander grenzen, steigen die Gestirne hinab und erneueren sich vor dem Schiffenden, und auf ihr zaubert die Sonne, wenn sie in schräger Richtung auf dieselbe scheint, die herrlichsten Farbenphänomene hervor. Befindet man sich bei ruhiger See in einer solchen Entfernung von den Küsten, daß dieselben unter dem Horizonte verschwunden sind, so scheint es, als erhebe sich die See vom Schiffe aus bis in jede Ferne, wovon der Ausdruck die hohe See entnommen ist. Diese Täuschung beruht auf bekannten optischen Gründen, wonach alle ausgedehnte Ebenen sich zu erheben scheinen.

Wenn wir nach statischen Gesetzen für alle großen, mit einander zusammenhängenden Meeren hinsichtlich ihrer mittleren Höhe eine Gleichheit des Niveaus annehmen müssen, so wird sich dieselbe auch auf alle einzelnen, von Ländern eingeschlossenen Theile derselben erstrecken, insofern sie mit dem Ganzen in Verbindung sind. Dies ist im Allgemeinen richtig, jedoch finden sich einzelne, sehr bemerkenswerthe Ausnahmen, die permanente, wenn gleich geringe Niveauverschiedenheiten zeigen und durch örtliche Einflüsse bedingt sind. Zu diesen gehört der Widerstand, welchen ausgedehnte, von Norden nach Süden sich erstreckende Erdtheile der großen Westströmung des Meeres entgegensetzen. Das Wasser muß nothwendig an den Ostküsten solcher Erdtheile aufstauen und höher stehen als an ihren Westküsten. Wirklich geben auch Barometerbeobachtungen die Meereshöhe an der Westküste Amerika's tiefer an als an der Ostküste. Aus derselben Ursache steht auch der Spiegel des mexikanischen Meerbusens höher als der des großen und atlantischen Ozeans, weil die atlantische Westströmung, von welcher ein Theil in den mexikanischen Golf gelangt, die Fluthen desselben anschwellen und heben muß. Humboldt bestimmte den Unterschied des Wasserspiegels zwischen dem mexikanischen Meerbusen und dem stillen Ozean durch Barometerbeobachtungen zu Cumana, Carthagena und Vera-Cruz, verglichen mit denen zu Acapulco und Callao, auf etwa 3 Meter, und ein ähnliches Resultat ergaben die Messungen franz. Ingenieure in Beziehung auf den atlantischen Ozean, dessen Wasserspiegel sie an der Ostküste Florida's niedriger fanden, als an der Westküste. Noch bedeutender ist der Niveauunterschied des rothen und mittelländischen Meeres, indem nach den Messungen französischer Gelehrten bei der Expedition in Aegypten 1798 der Spiegel des arabischen Meerbusens bei Suez höher ist als

der des mittelländischen bei Alexandrien, und zwar 8,1 Meter bei niedrigstem und 9,9 Meter bei höchstem Wasserstande an beiden Orten. Auch dieses auffallende Resultat erklärt sich aus dem nach Westen gegen Afrika's Küsten strömenden Wasser, welches durch die Straße Bab-el-Mandeb leichter ein- als ausströmen kann, daher das rothe Meer, indem es in dasselbe getrieben wird, anschwellt. Der Spiegel des schwarzen Meeres, verglichen mit demjenigen des mittelländischen, liegt ebenfalls höher, so daß jenes in dieses durch den Bosporus und die Dardanellen abfließt, und die Geschwindigkeit der Strömung in einer Stunde 3 geogr. Meilen, und an einer Stelle, welche der Teufelsstrom heißt, zuweilen, namentlich zur Zeit der Schneeschmelze in Rußland, 5 bis 6 Meilen beträgt. Dieser höhere Stand des schwarzen Meeres läßt sich nicht aus Meeresströmungen ableiten, sondern hat seinen Grund in dem starken Wasserzufluß aus den weiten umgebenden Länderstrecken und in der geringeren Verdunstung bei nördlicherer Lage dieses eingeschlossenen Meeres. Aus ganz derselben Ursache ist der Spiegel der Ostsee höher als der der Nordsee, und man fand bei Anlegung des holsteiner Kanals im J. 1782, daß die Nordsee 8 Fuß niedriger als die Ostsee stehe. Daher hat auch der aus dieser in's Kattegat fließende Strom über die entgegengesetzte, durch nördliche Winde hervorgebrachte Südströmung entschieden das Uebergewicht. Wenn nun Wasser, um fließen zu können, mindestens ¼ Zoll Fall auf die deutsche Meile haben muß, so folgt, daß der Spiegel der Ostsee im Hintergrunde des Bothnischen Meerbusens bei Tornea nothwendig um etwa 5 Fuß höher stehe als der Spiegel der Nordsee im Kattegat.

Die Erklärung dieser Verschiedenheiten des Niveau, auf einzelne Gegenden und Theile der großen Wasserfläche beschränkt und durch örtlich wirkende Ursachen hervorgebracht, bietet, wie man sieht, geringe Schwierigkeiten dar. Nicht so einfach ist die Beantwortung der schon von den Alten angeregten und in neuerer Zeit vielfach besprochenen Frage, ob der Meeresspiegel im Allgemeinen ein unveränderlicher sei oder nicht? ob derselbe sinke und sich im Verlauf der Jahrhunderte immer mehr von den Küsten zurückziehe, oder ob er im Steigen begriffen sei, so daß das Meer nach und nach das niedrige Uferland überfluthe? oder ob weder das Eine noch das Andere Statt finde? Für ein allmäliges Sinken des Meeresspiegels sind folgende Argumente angeführt worden. Man stellte sich vor, daß das in Dampf verwandelte Wasser mit stets zunehmender Verdünnung an die äußerste Grenze der Atmosphäre geführt und dort in den Weltraum zerstreut werde, wodurch, weil dieser Wasserdampf zu keinen Zeiten mehr in der Gestalt von Hydrometeoren zur Erde zurückkehre, ein allmäliges Sinken des Meeresspiegels erfolgen müsse. Darauf läßt sich nun entgegnen, daß theils die Schwere, theils die in höheren Regionen herrschende große Kälte eine solche Zerstreuung des Wasserdampfes als unmöglich, die darauf sich stützende Hypothese als will-

führlich erscheinen lassen. Man hat daher die Vermuthung ausgesprochen, daß das Meerwasser in Folge des ungeheuren Druckes der großen Menge über einander liegender Meeresschichten immer tiefer in die Erdrinde eindringe. Die Folge hievon müßte allerdings ein Sinken des Niveaus sein, das um so bemerkbarer wäre, wenn man im Inneren der Erdrinde das Vorhandensein großer Höhlen annehmen darf, in die das Wasser eindringen kann. Diesem Argumente steht nun allerdings kein Naturgesetz entgegen, wie dem vorigen, auch reicht unsere Kenntniß vom Erdinneren nirgends in Tiefen hinab, die im Verhältniß zum Erdhalbmesser von einiger Bedeutung wären, nicht einmal eine Kenntniß von den ausgedehnten Strecken unter dem Meere wird uns zu verschaffen je vergönnt sein; dennoch werden wir seine Beweiskraft für die Hypothese eines Sinkens des Meeresspiegels nicht sehr hoch anschlagen dürfen, wenn wir uns aus § 44 erinneren, daß die Dichtigkeit der Erde, und aus § 45, daß ihre Wärme mit der Tiefe zunimmt, und wenn berücksichtigt wird, „daß man, sagt Muncke, bei tieferen Grabungen stets auf festes Gestein kommt, welches kein Wasser mehr durchläßt, und daß die vorhandenen lockeren Massen und Höhlungen zwischen den Felsenklüften in den vielen Jahrhunderten von der letzten Umbildung unseres Planeten bis auf die historische Zeit schon längst ausgefüllt sein müßten.“ — Betrachten wir die zweite Annahme, ein allmäliges Steigen des Meeresspiegels, näher, so erscheinen die hiefür sprechenden Gründe in der That plausibler, als diejenigen, die man für ein Sinken desselben angeführt hat. Die bedeutenden Massen, die bald da, bald dort fortwährend von den Ufern in's Meer stürzen, die unglaubliche Menge von Schlamm und Sand, welche Flüsse und Ströme unausgesetzt dem Ozean zuführen, verbunden mit der unverkennbaren Verminderung der Berghöhen; alle diese Umstände machen ein wahrnehmbares Wachsen des Meeresspiegels wahrscheinlich. Es wird nun zwar von diesem in's Meer geführten Material wieder ein großer Theil zur Bildung von Neuland und der zahlreichen Reihen von Dünen verwendet, welche aus dem vom Meere auf die Küstenländer geworfenen Sande gebildet werden; dessen ungeachtet muß doch angenommen werden, daß davon noch ein namhafter Ueberschuß bleibe, weil in der Regel das Material zur Erzeugung der Deltas und sonstiger aus dem Meere hervorwachsender Erhöhungen vom Festlande geliefert wird. Auf der anderen Seite darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß nicht nur das Land dem Meere, sondern daß auch das Meer dem Lande an verschiedenen Orten Raum abgewinnt; allein so lange nicht ausgemittelt ist, ob die Eroberungen des Landes oder die des Meeres das Uebergewicht haben, kann dieses Moment über die in Frage stehende Hypothese wenig entscheiden. Will man daher aus den angeführten Ursachen ein Steigen des Meeresniveaus folgern, so wird man immerhin zugeben müssen, daß dasselbe, bei der ungeheuren Ausdehnung des Weltmeeres, nur ein sehr geringes sein

könne; und Hoff's Untersuchungen über diesen Gegenstand zeigen, daß mindestens ein Jahrtausend erforderlich sein dürfte, um ein Steigen des Meeresspiegels im Betrag von etwa 1 Fuß sichtbar zu machen. — Nimmt man endlich an, daß die Ursachen, welche zuletzt für das Sinken, mit denen, welche für das Steigen angeführt wurden, gleichzeitig wirken, so werden sich die Wirkungen beider ausgleichen, woraus dann im Allgemeinen die Unveränderlichkeit des Meeresniveaus folgen würde. In der That ist es sehr wahrscheinlich, daß wenigstens während der historischen Zeit dasselbe unverändert geblieben sei.

Der Stand des allgemeinen Meeresspiegels wäre vielleicht nie Gegenstand ausführlicher Untersuchungen geworden, wenn nicht alte Sagen und noch viel mehr auffallende Ergebnisse der Beobachtungen die Aufmerksamkeit der Physiker auf diesen Gegenstand geleitet hätten. So fand man an den Küsten gewisser Meere Muscheln, welche noch jetzt an jenen Küsten leben und sich stets im Spiegel des Meeres aufzuhalten pflegen, 20 bis 200 Fuß über dem jetzigen Meeresspiegel, was auf ein Sinken desselben hindeutet. Anderwärts gemachte Beobachtungen scheinen dagegen auf ein Steigen hinzuweisen; denn die ununterbrochenen Vergrößerungen einiger Meeresbuchten an den niederländischen Küsten müssen als eine Eroberung der See angesehen werden, da der lockere Boden jener Gegend durch seinen eigenen Druck dichter werden konnte und noch immer dichter werden kann, folglich sinken muß. Und aus derselben Ursache erklärt sich auch die Beobachtung, nach welcher im J. 1722 auf dem Markusplatze in Venedig ein altes Pflaster aufgegraben wurde, welches 3½ Fuß unter dem Meeresspiegel lag, weil der dortige lockere Boden ebenfalls gesunken war. Dagegen lassen sich ähnliche, an den Küsten der Ostsee beobachtete Erscheinungen nicht aus einem solchen Kompakterwerden der Ufer ableiten, und ließen daher auf eine Zunahme des Meeres schließen, wenn nicht andere Gründe, von denen gleich nachher die Rede sein wird, entschieden dagegen sprächen. So steht eine im Anfang des 11. Jahrh. erbaute Kirche zu Naglum nur zwei Ellen über der Meeresfläche, die Trümmer von Alt-Lödese anderthalb Ellen, und der Hylöseholm, auf welchem 1473 die Stadt Gothaham angelegt wurde, liegt fast im Spiegel des Meeres; man will sogar an der schwedischen Küste 2 bis 3 Ellen unter dem Wasser eingewurzelte Baumstämme gefunden haben, in deren einem ein verrostetes Messer steckte. Allein allen diesen Beobachtungen stehen an den Ufern desselben Meeres, an den Ost- und Südostküsten Schwedens, andere entgegen, nach welchen die Ostsee abgenommen hätte, ihr Spiegel folglich gesunken wäre. So hat man in Bohuslän eine Meile vom Meere in einem Moraste einen Anker gefunden, und unweit der Stadt Wasa, auf der dem festen Lande zugekehrten Seite, Stücke von großen Fahrzeugen; ebenso hat man beobachtet, daß einige Küsten in größerer Ausdehnung sich über das Meer

erhoben haben, wo früher nur einzelne Steine hervorragten, und verschiedene Distrikte, die nach der Erinnerung bejahrter Personen unter Wasser waren, konnten später mit Kähnen nicht mehr befahren werden, oder dienten, statt zum Fischen, vielmehr zum Ackerbau. Namentlich werden in alten Urkunden Felsen bei Gefle, Hudikswall, Wasa und Abo als solche angeführt, wo sich Seekälber sonnten, die also zum Fangen derselben dienten, aber in späteren Dokumenten als unbrauchbar hiezu bezeichnet sind, weil sie von diesen Seethieren nicht mehr erreicht werden konnten; kleine Scheeren endlich, die früher nicht gesehen werden konnten, sollen nunmehr einige Fuß über den Meeresspiegel emporragen. Außer den soeben genannten werden noch manche andere Erscheinungen angeführt, die für ein Sinken des Meeresspiegels sprechen sollen, von denen ich hier nur noch diejenigen an den arabischen Küsten des rothen Meeres erwähne. Im Alterthum lagen dort viele treffliche Seehäfen; diese sind jetzt trocken oder verschlammt, und die einstigen Seestädte liegen in Trümmern; nach einigen hundert Jahren werden auch die Häfen der Jetztzeit unbrauchbar sein. Die zuletzt angeführten Erscheinungen haben aber entschieden ihre Ursache nicht in einem Sinken des rothen Meeres, worauf sie hinzudeuten scheinen, sondern in einem Vorrücken des Ufers selber, welches theils durch die in steter Zunahme begriffenen Korallenriffe, theils durch den Sand und Schutt bewirkt wird, den die Wadys (Regenbäche) von der Hochebene Nedsched und den Terassenländern des arabischen Weststrandes herabführen. Zur Erklärung der fortschreitenden Veränderung des Verhältnisses der Landhöhe zur Höhe des Meeresspiegels an den schwedischen Küsten bieten sich keine solchen Ursachen dar, und es ist daher begreiflich, daß früher bei Vielen die Hypothese von einem wirklichen Sinken des dortigen Meeresspiegels Eingang fand, so schwierig es auch ist, sie an sich möglich und mit anderweitigen Thatsachen vereinbar zu finden. Seitdem aber „die neuerdings durch L. v. Buch und A. v. Humboldt mit gebührender Behutsamkeit geäußerte, von den neuesten Geologen so beifällig aufgenommene, mit den überzeugendsten Thatsachen so genau zusammentreffende Hypothese von einem allmäligen theilweisen Emporkommen des Festlandes aus dem Meere" (ursprünglich von dem Italiener Moro aufgestellt und von Blumenbach beiläufig angedeutet) sich eine immer allgemeinere Geltung erworben hat, ist jenes Räthsel an den schwedischen Küsten gelöst; denn da ein Sinken der Ostsee ohne ein gleiches Verhalten des ganzen Ozeans undenkbar und unstatthaft sein würde, wogegen jedoch eine Menge von Thatsachen streiten, so nimmt man vielmehr eine partielle Hebung der schwedischen Küsten an. „Es sind, sagt v. Hoff, von zwei schwedischen Gelehrten, N. Bruncrona und E. P. Hällström, mit Hülfe der Beamten der Lootseinrichtung und anderer sachkundiger Männer, nicht bloß die schon früher bekannten Wasserzeichen, sondern auch mehrere bisher nicht bekannt gewesene, aufgefunden und ihre Höhen

über dem Spiegel des Meeres auf's Neue festgesetzt worden. Man hat dabei sorgfältig erörtert und ausgeschieden die Punkte, von denen sich nachweisen ließ, daß nur Versandung und Anschlemmnng die Tiefe des Meeres vermindert und ein Vorrücken der Küste verursacht hatte. Aus der Untersuchung derjenigen Punkte aber, an denen vor einer mehr oder weniger langen Reihe von Jahren Merkzeichen der damaligen Höhe des Meeresspiegels in Felsen von unveränderter Lage angebracht worden waren, hat sich unwidersprechlich ergeben, daß eine allmälige Erhöhung dieser Zeichen über den Meeresspiegel erfolgt ist. Diese allmälige Erhöhung steigt von 1 Fuß und weniger bis zu 5 Fuß und darüber in 100 Jahren, verschiedentlich an verschiedenen Orten. Die Strecke, auf welcher diese Erhebung wahrgenommen wird, reicht auf der östlichen Seite der schwedischen Küste von Calmar bis Tornea hinauf, zeigt sich auch auf dem gegenüberliegenden finnländischen Ufer des bothnischen Busens um Wasa; doch sind an dieser Seite nur an wenigen Punkten Beobachtungen darüber angestellt worden; ist aber nur kaum wahrzunehmen an der nördlichen Hälfte der westlichen Gothländischen Küste, dagegen dort mehrere dafür angeführte Beispiele nur Anschwemmung und Versandung sind. Die Erscheinung des Sinkens des Wasserspiegels im Verhältniß zu der Höhe des Landes auf jenem Küstenstriche läßt sich nun in der That nicht auf andere Weise erklären, als indem man mit Herren v. Buch ein allmäliges Erheben des Landes annimmt. Diese Ansicht erhält bei den neueren Erweiterungen, welche die Erhebungstheorie bekommen hat, immer mehr Wahrscheinlichkeit und Bestätigung; insbesondere, wenn man nicht mehr — wie in den ersten Zeiten, da diese Theorie aufgestellt wurde — bloß plötzliche mit Erdbeben oder vulkanischen Ausbrüchen verbundene Erhebungen annimmt, sondern, mit Lyell, zugibt, daß solche Erhebungen theils absatzweise, durch in geringem Grade fast unmerklich erfolgende Stöße, theils in immerwährendem, ohne Bewegungen erfolgendem Aufsteigen Statt finden können."

Es fehlt nicht an manchen anderen Beispielen, die gleichfalls zu Gunsten der so eben erwähnten Erhebungstheorie sprechen. So ist an der Küste von Otaheiti in der Gegend von Venuspoint jetzt ein Fußsteig gangbar, der im Jahr 1767 bei der Entdeckung der Insel auch beim niedrigsten Stande des Meeres unter Wasser war. Humboldt folgerte aus sicheren Kennzeichen, daß das Meer bei mehreren der kleinen Antillen früher einen 360 Fuß höheren Stand gehabt habe, wobei jedoch von ihm unbestimmt gelassen wird, ob dieses Sinken des Meeres, oder vielmehr das Steigen der Küsten in die historische oder vorhistorische Zeit gehöre. „Ein Ereigniß, sagt Muncke im N. Gehler, welches die Thatsache solcher Erhebungen nicht blos zu bestätigen dient, sondern auch die wirkende Ursache näher bezeichnet, ist die durch Maria Graham zuerst bekannt gemachte Hebung der Westküste von Chile. Als diese zu Quintero, eine engl. Meile von der Küste, das heftige Erdbeben erlebte,

welches 1822 am 19. Nov. anfing und seine wiederholten Stöße erst im Sept. des folgenden Jahres gänzlich endigte, schien gleich am Morgen des 20. Nov. die ganze Küste auf einer Strecke von etwa 100 engl. Meilen gehoben zu sein, wie die unverkennbarsten Spuren darthaten. Die Hebung betrug zu Valparaiso ungefähr 3 Fuß, zu Quintero dagegen 4 Fuß. Aehnliche Hebungen an derselben Küste sind auch durch das jüngste Erdbeben am 20. Februar 1835 hervorgebracht, deren Untersuchungen auf frühere Ereignisse dieser Art, in den Jahren 1730, 1751, 1822 und andere geführt hat."

Fassen wir zusammen, so scheinen alle bisher angeführten Beispiele nicht geeignet, für einen veränderten Stand des Meeresspiegels Zeugniß zu geben, vielmehr dazu zu dienen, das beobachtete Steigen und Fallen desselben als ein scheinbares darzustellen, somit die ziemlich allgemein angenommene Ansicht zu unterstützen, daß der Meeresspiegel im Ganzen und Großen sich unverändert erhalten habe. Es fehlt auch wirklich nicht an Thatsachen, welche als direkte Beweise für diese Ansicht gelten müssen. Die Bäder in den Felsen von Alexandrien und die Steine im Hafen, die das Ankern hindern, sind seit der frühesten Periode dieser Stadt bis auf die neuesten Zeiten herab unverändert geblieben; der Hafen von Gortyne auf Kreta hat noch dieselbe Gestalt, wie zur Zeit der Alten, und an den Felsen und Hafenanlagen bei Triest bemerkt man nach der Aussage der Einwohner seit dem Aufblühen des Handels dieser Stadt bis auf die jetzigen Zeiten keine Veränderung, anderer Beispiele nicht zu gedenken. Die durch diese Beispiele unterstützte Ansicht von der Unveränderlichkeit des Meeresniveaus harmonirt trefflich mit dem Gedanken einer allgemeinen Erhaltung der einmal eingeführten Ordnung in der Natur; nur eine Thatsache, im größten Ozean der Erde häufig beobachtet, scheint sich mit der Annahme eines unveränderten Meeresspiegels nicht in Uebereinstimmung bringen zu lassen; sie betrifft die kleinen Inseln, welche im stillen Ozean von den zahlreichen Arten der Korallenthierchen aufgeführt werden. Diese Inseln wachsen bis zu einer gewissen Höhe über den Meeresspiegel an, obgleich die Madreporen, welche sie erzeugen, nicht außer der Wasserfläche leben können. Dabei ist besonders merkwürdig, daß bei den meisten nicht etwa die später erzeugte bedeckende Dammerde, sondern die eigentlichen madreporischen Gebilde höher hervorragen, als die höchsten Fluthen steigen, wenn gleich einige der jüngeren Inseln noch in seltenen Fällen bei heftigen Stürmen überschwemmt werden. Aber gerade dieser Umstand macht die Sache noch auffallender; die Oberfläche der jüngeren madreporischen Gebilde wird von der Fluth erreicht, die der älteren nicht mehr, woraus folgt, entweder daß diese seit ihrer Vollendung gehoben worden, oder der Meeresspiegel gesunken sei. Wenn man aber bedenkt, daß die Koralleninseln sporadisch über einen großen Theil des stillen Ozeans von Westen nach Osten zerstreut sind, so kann eine Hebung derselben durch vulkanische Kräfte wol nur unter der

Voraussetzung angenommen werden, daß zugleich eine Hebung des ganzen ausgedehnten Meeresbodens, auf dem sie aufgebaut sind, Statt finde. Die hier berührte Thatsache ist gewiß einer genaueren Untersuchung werth; was wir bis jetzt von ihr wissen, ist aber nicht der Art, daß man sich für berechtigt halten könnte, aus ihr ein wirkliches Sinken des Meeresspiegels abzuleiten; die Annahme einer allmäligen Hebung des äquatorischen Meeresgrundes im stillen Ozean dürfte wenigstens als eben so zuläßlich erscheinen, wie die einer allgemeinen Verminderung der Wassermasse des Ozeans.

Tiefe des Meeres und Beschaffenheit des Meeresbodens.

§ 78. Es ist leicht zu erachten, daß die Tiefe des Meeres nicht überall gleich sein kann, so wenig als die Höhe des Landes; allein die Mittel, die Meerestiefen zu messen, sind viel unzureichender als diejenigen, deren wir uns bei hypsometrischen Messungen bedienen. Das einfachste Mittel ist das Senkblei; außerdem sind eigene Tiefenmesser (Bathometer) konstruirt worden, von denen jedoch keiner die gewünschten Dienste zu leisten scheint, indem sie theils zu unsicher, theils nur auf geringe Tiefen anwendbar sind. Tiefen bis zu 1500 und 2000 Fuß lassen sich mit dem Senkblei noch bequem messen, zu größeren wird dagegen sehr viel Zeit und Kraft erfordert, was aus § 75 begreiflich wird. So erzählt Mädler, daß Kapitän Phipps auf seiner Reise nach dem Nordpol, um ein Senkblei bis zu 4700 Fuß hinab und wieder herauf zu bringen, der unausgesetzten 24stündigen Arbeit von 100 Menschen bedurft habe, und daß nur ein Schiff von vorzüglich starker Bauart den Versuch ohne Gefahr möglich machte. Im September 1819 wurde, nach Muncke, unter 4° N. Br. im atlantischen Ozean eine Sonde herabgelassen, deren Gewicht aus 4 Fäßchen Ballast und 2 schweren Senkbleien im Betrag von 6 Zentnern bestand. Anfangs lief das starke Tau sehr schnell, nachher langsam, und als 2000 Klafter abgelaufen waren, zog man es wieder herauf, wozu die ganze Kraft des Schiffes verwendet wurde. Als weniger denn der vierte Theil des Seiles aufgewunden war, riß das Tau und obgleich fast gänzliche Windstille herrschte, wurde doch die erreichte lothrechte Tiefe nur auf 1000 Klafter geschätzt.

Was man im Allgemeinen von der Meerestiefe weiß, beschränkt sich auf wenige Resultate, und überhaupt ist sie uns nur unvollkommen bekannt. Die größten Meere sind in der Regel die tiefsten; über sandigem Boden ist an vielen Stellen die Tiefe nicht sehr bedeutend und abwechselnd, sondern bleibt sich in beträchtlichen Strecken ziemlich gleich, so an den niederländischen Küsten, über der großen Sandbank von Neufoundland u. s. f.; an anderen Stellen dagegen (und diese sind die für die Schifffahrt gefährlichen) wechselt die

Tiefe schnell, und man trifft auf Felsen und Sandbänke, wo dicht daneben der Meeresgrund kaum erreichbar ist. Gewöhnlich zeigen Binnenmeere keine große Tiefe; das mittelländische Meer ist von den europäischen Binnenmeeren das tiefste, denn während die Ostsee gewöhnlich 30 bis 40 Faden (6 Fuß), die Nordsee 40 bis 60 und an den norwegischen Küsten 120 bis 150 Faden Tiefe hat, zeigt es 80 bis 980 Faden Tiefe, letztere unfern von Gibraltar. Die vielen Bänke der Nordsee deuten schon auf einen nicht tiefen Seeboden, der sich, wie bei einem Meerbusen, immer tiefer senkt, indem derselbe im Hintergrunde der Nordsee in der Straße von Calais am seichtesten ist und an der tiefsten Stelle dort nur 16 bis 26 Faden hat, mithin zwischen England und Frankreich eine Seebrücke bildet. Der westliche Theil des mittelländischen Meeres scheint tiefer zu sein als der östliche, und eine Seebrücke scheidet beide Becken von einander. Sie heißt Skerki und zieht vom Vorgebirg Trapani in Sizilien zum Vorgebirge Bon bei Tunis; ihre Tiefe wechselt zwischen 7 bis 90 Faden und sie fällt gegen das westliche Becken tiefer ab als gegen das östliche. Oft ist das Meer in der Nähe hoher Steilküsten sehr tief, doch gilt diese Regel nicht allgemein, sondern nur von einzelnen Lokalitäten. Die meisten Messungen der Meerestiefe sind im Interesse der praktischen Nautik gemacht worden; bedenkt man nun die Mühe und Gefahr, welche mit bedeutenden Tiefenmessungen verbunden sind, und daß die Meerestiefe oft gar nicht gemessen werden kann, so begreift man leicht, daß die Untersuchung der bedeutendsten Tiefen, die natürlich ohne Gefahr sind und zum Ankern nicht dienen, für die Nautik von keinem Gewinn sein kann, und daß Seefahrer, wenn sie bei 150 — 200 Faden keinen Grund finden, es gewöhnlich aufgeben, die Tiefe des Meeres zu messen. So kommt es, daß die Frage nach der g r ö ß t e n Meerestiefe noch unbeantwortet, mithin auch die durchschnittliche noch unbekannt ist. „Indeß, sagt Mädler, hat man allgemein theoretische Gründe, die annehmen lassen, daß Tiefen, welche eine deutsche Meile überschreiten, selten und nur in geringer Ausdehnung gefunden werden. Der große Ozean dürfte auch der tiefste sein, wie z. B. die Geringfügigkeit der Ebbe und Fluth in ihm anzudeuten scheint.“ Wol viel zu groß gibt La Place, ebenfalls aus theoretischen Gründen, die mittlere Meerestiefe an, wenn er findet, daß dieselbe ein Bruch von der Längenverschiedenheit der beiden Erddurchmesser sein müsse, dessen Größe er zu 2½ deutschen Meilen oder etwa 60000 Fuß annimmt. D'Aubuisson schließt dagegen aus dem Verhältniß der Höhen und Tiefen des Festlandes, daß die größte Tiefe des Meeres 2000 Faden wol nicht übersteigen werde. Der berühmte Seefahrer Scoresby indeß fand unter 76° 30′ N. Br. und 4° 48′ W. L. bei 1200 Faden Tiefe noch keinen Grund; nach Mädler liegen die größten Tiefen, in welche das Senkblei bisher drang, 57° S. Br. und 56° 6′ W. L. von Ferro, wo man in 12300 Fuß, und 40° 32′ N. Br. und 116° 56′ W. L., wo man

in 11660 Fuß Tiefe keinen Grund fand; nach Humboldt hat man im Ozean an einigen Punkten unter den Tropen in einer Tiefe von 25300 Fuß noch keinen Grund gefunden.

Der Meeresboden, die submarine Fortsetzung des Festlandes, ist seinen Bestandtheilen nach entweder felsig, oder mit grobem Kiese und Sand, oder mit einer mehr oder weniger dicken Lage von Schlamm bedeckt, und zeigt, was die Konfiguration betrifft, im Allgemeinen, wie das Land, abwechselnde Erhebungen und Vertiefungen, untermeerische Gebirgszüge und Tafelländer nebst weithin ausgedehnten Ebenen. Der Meeresgrund bietet somit ganz dieselben Hauptbodenformen dar, wie das feste Land, und es ist auch in der That kein Grund zu einer anderen Annahme vorhanden, da dieselben Ursachen, welche die Konfiguration des Festlandes bestimmt haben, auch diejenige des Meeresgrundes bestimmen mußten. Oft laufen die Bergzüge bis weit ins Meer hin fort, und wenn ihre Spitzen und Rücken da oder dort über das Meeresniveau hervorragen, so bilden sie Inseln und Gruppen von Inseln, während an anderen Orten auf weite Strecken hin die Fortsetzungen ausgedehnter Ebenen kenntlich bleiben. Die langgestreckten, hochgebirgigen Inselreihen in der alten und neuen Welt sind offenbar nichts anderes als die obersten Theile submariner Gebirgsketten, deren Einsenkungen vom Meere bedeckt sind und die Unterbrechungen der Inselreihe bilden. Nach den neueren Forschungen nimmt man an, daß alle die niederen Koralleninseln der Südsee von den Madreporen auf weitgestreckten submarinen Hochflächen auferbaut seien, wie denn überhaupt jener Theil der Erdoberfläche durch vorherrschende Plateaubildung ausgezeichnet ist. Aehnliche Bodenformen scheint auch der atlantische Ozean zu besitzen; wenigstens fand ein englischer Seeoffizier Spuren eines submarinen Tafellandes von Neufoundland quer über den atlantischen Ozean bis zur Mündung des englischen Kanals, und Humboldt vermuthet unter der Fucus-Bank von Corvo im nordatlantischen Ozean, zwischen den Parallelen 20° und 45°, ebenfalls die Existenz eines Seehochlandes, dessen Meeresspiegel bei den Seefahrern seit der Entdeckung von Amerika unter dem Namen „Mar de Sargosso" bekannt ist. Es ist eine Anhäufung von Seetang, eine lange und schmale Fucuszone, welche sich von Norden nach Süden, vom Parallel von Corvo bis zu dem der Inseln des grünen Vorgebirges, hinzieht. Humboldt ist der Ansicht, daß die Tangmenge dort aus nahen Untiefen stamme, und bezeichnet sie als eine ziemlich scharf begrenzte Fucuswiese, die seit Columb's Zeiten ihre Oertlichkeit unverändert beibehalten hat. Eine Wiederholung dieser Form der Seehochländer sind die größeren Bänke, welche Sand-, Corallen- und Austerbänke heißen, je nach dem sie mit Sand oder Korallengewächsen bedeckt sind, oder Schalthieren zum Aufenthalte dienen. Sie sind submarine Hervorragungen mit meistens ebener Oberfläche, und zeigen, indem sie selbst seichte Stellen im

Meere bilden, an ihren Rändern meistens sehr ansehnliche Tiefen des Meeres. Zu den Sandbänken gehören die von Alters her berüchtigten Syrten im afrikanischen Golf von Kibbis, einem Meerbusen der Schiffbrüche, die Doggersbank zwischen England und Jütland, die große Bank von Neufoundland, welche, berühmt durch den dortigen Stockfischfang, 135 Meilen lang und 15 Meilen breit ist. Im indischen Ozean sind vornämlich zwei bedeutende Bänke nahe unter gleichem Meridian: die Saya de Malha-Bank (Panzerbank) zwischen 8° 18′ S. Br. und 11° 30′ S. Br., also in einer Ausdehnung von 48 Meilen, unter dem mittleren Meridian von 58²/₃ östlich von Paris, und die Bank, deren Südende durch die Cargados Garajos bezeichnet ist, eine Gruppe kleiner, nur 8 bis 12 Fuß hoher Inseln. Nicht als ein isolirtes untermeerisches Hochland, sondern als submarine Verlängerung Südafrikas zieht vom Kap d. g. Hoffnung längs der Südküste von Afrika bis zur Algoabai und darüber hinaus eine Bank weit hinaus in das Meer, die Nadelbank oder Bajo de Aguilhas. Mehr südlich stürzt sie von einer mittleren Wasserhöhe von etwa 60 bis 70 Faden plötzlich in Tiefen von 180, 195 und 200 Faden hinab. „Westlich vom Nadelkap, sagt Berghaus, besteht der Seeboden auf der Bank südlich vom 35¼ S. Br. durchgängig aus Schlamm; südlich vom Kap findet man häufig grünen oder anderen Sand, Muscheln und kleine Steine. Oft sieht man in diesen Gegenden Wallfische, mit dem Rücken etwas über dem Wasser, schwimmen, besonders bei gutem Wetter und östlichem Winde, wenn das Wasser auf der Bank glatt ist, und auch große Robben besuchen die kapische Bank und ihre Nachbarschaft.“ — Korallenbänke, besonders wenn sie hell und bunt sind, erkennt man bei hellem Sonnenschein und hohem Stand der Sonne, schon aus der Ferne vom Mastkorb eines Schiffes.

Was die Seebrücken betrifft, von denen oben die Rede war, so verdienen hier besonders zwei näher erwähnt zu werden. In der Meerenge von Calais bildet der Meeresboden einen langgezogenen Berg, dessen Rücken in der Linie von Dover nach Boulogne liegt, und dessen Seiten sich nach der Richtung des Kanals, und nach der großen Oeffnung der Nordsee zu sanft verflächen, so daß das Meer über der genannten Linie 16 bis höchstens 28 Faden Tiefe hat. Man hält diese Seebrücke für den Rest einer Landenge, welche in alter Zeit Frankreich mit England verband. In der That zeigen auch die gegenüber liegenden englischen und französischen Küsten eine genaue Aehnlichkeit in Masse und Form; es stehen ferner da, wo die schmalste Stelle der jetzigen Meerenge ist, zu beiden Seiten derselben die höchsten Felsenhöhen beider Ufer; endlich deutet auf eine ehemalige Landenge, von welcher in der Seebrücke der Ueberrest geblieben ist, die Beschaffenheit des Grundes in der Meerenge, welcher höchst uneben ist, und aus zackigen Felsenbänken und Bruchstücken von Felsen besteht. Eine ganz ähnliche Seebrücke befindet sich

in der Meerenge von Gibraltar da, wo zwei mächtige Felsvorsprünge mit jähen Abstürzen jenes enge Thor bilden zwischen dem mittelländischen Meere und dem atlantischen Ozeane; auch sie scheint der Ueberrest einer Bergkette zu sein, die einst Europa mit Afrika verband, eines Felsendammes, der die Wasser beider Meere trennte, bevor durch einen gewaltsamen Durchbruch ihre Vereinigung geschah. Die Tiefe dieser submarinen Seeschwelle wechselt zwischen 960 bis 3000 und 5700 Fuß Tiefe und wird gegen das atlantische Meer hin größer als gegen das mittelländische.

Es ist ganz natürlich, daß für die Seefahrer die Kenntniß der Untiefen von besonderer Wichtigkeit ist, indem sie es sind, welche den Schiffen Gefahr bringen. Dahin gehören außer den Bänken die Klippen und Korallenriffe. Jene sind Felsen, die entweder über das Niveau des Meeres hervorragen, oder nahe unter demselben bleiben; Korallenriffe sind diejenigen Theile einer Bank, in denen der Korallenbau bis nahe an die Meeresoberfläche getreten ist, oder auch über dieselbe hinausragt. Das Wasser, wenn es bewegt ist, schlägt hohe Wellen an denselben und verursacht Brandung. In der Seemannssprache heißen alle einzelnen Gefahren, sie mögen von den Zoophyten erzeugt sein, oder aus anderen Felsarten bestehen, Klippen, und dabei werden gesunde, über den Wasserspiegel hervorragende, von den blinden, unter dem Wasser verborgene, unterschieden. Die Korallenriffe sind es vorzüglich, die namentlich in den wärmeren Gegenden bis auf bedeutende Strecken von der Küste selbst da, wo man sie gar nicht erwartet, bis zu geringer Tiefe unter der Oberfläche des Wassers zackig und schneidend scharf sich erheben, und den Schiffen einen unvermeidlichen Untergang drohen. Das Meer an der Nordostküste von Australien hat von Flinders den Namen Korallenmeer erhalten, wegen der Menge von Korallenriffen, die sowol in seinem Inneren verbreitet sind, als auch besonders die umliegenden Küsten auf eine, in solcher Ausdehnung nirgends vorkommende Weise einfassen. An der Nordostküste Australiens führen die Riffe den Namen des großen Barriereriffes. Es ist keineswegs eine Kette, vielmehr bestehen sie aus verschiedenen Riffen mit zahlreichen, tiefen, gewöhnlich sehr reißenden Kanälen dazwischen. Felsen ragen hier allenthalben in Menge hervor, geschwärzt durch Luft und Wellen, während die submarinen in den reichsten Farben prangen; Seethiere aller Art beleben die Riffe in großer Fülle. Die Torresstraße ist eine 90 Meilen breite, durch eine zahllose Menge von Inseln, Korallenriffen und Klippen fast ganz versperrte Straße, für die Schifffahrt die furchtbarste, die es auf Erden gibt.

Die vom Meere gebildeten Sandhügel längs der Küsten heißen Dünen, es sind Erhebungen, welche zum Schutze niedriger Küsten dienen und alsdann die Stelle der Deiche vertreten. Sie bestehen oft aus 2 bis 3 Reihen hinter einander und erreichen eine Höhe von 20 bis 30, auch wol 60, ja selbst, doch

seltener, von 100, 200 bis 300 Fuß. Sie sind ein Werk der Meeresfluthen und werden in allen Erdtheilen an denjenigen Küsten getroffen, wo diese dazu geeignet sind.

Beschaffenheit, Temperatur und Gefrieren des Meereswassers.

§ 79. Die Nähe des Meeres gibt sich schon auf einige Entfernung durch einen eigenthümlichen Geruch zu erkennen, der etwas Scharfes hat und zugleich an's Faulige grenzt. Für englische Bücher, die in England gedruckt sind, ist dieser Geruch in der Regel ein untrüglicher Ursprungsschein. Man sucht die Ursache desselben in der Ausdünstung, die durch die zahllose Menge der darin lebenden und zum Theil verwesenden animalischen und vegetabilischen Organismen erzeugt wird. Auch durch einen eigenthümlichen Salzgeschmack, der immer mit einer widerlichen Bitterkeit verbunden ist, zeichnet sich das Meerwasser vor den übrigen Gewässern der Erde aus, und deutet dadurch offenbar auf Stoffe hin, welche in ihm aufgelöst sind (§ 75), und zwar namentlich auf Salze, welche das Wasser leicht löst. In neueren Zeiten hat man die Bestandtheile des Meerwassers in ungleichen Breiten und Tiefen mit großer Genauigkeit auszumitteln gesucht, wobei man sich für das Tiefenwasser eigener Maschinen bediente. Weil, wie leicht einzusehen, das Meerwasser durch die ihm beigemischten Bestandtheile verschiedener Art einen Zuwachs an Eigenschwere erhalten muß, so ist bei diesen Untersuchungen dasselbe entweder gebogen, oder chemisch analysirt, oder es sind Wägungen und Messungen gleichzeitig verbunden worden.

Das mittlere spezif. Gewicht des Seewassers verhält sich zu dem des reinen Wassers wie 1,0277 : 1,0000 und scheint in allen Tiefen des Meeres gleich zu sein. Die Ursachen, welche Ausnahmen hievon bewirken, hängen von zufälligen Bedingungen ab, von denen gleich nachher die Rede sein wird; auch ist anzunehmen, daß, wenn einige Wägungen auf einen größeren Salzgehalt in der Tiefe schließeu lassen, dort die Salzigkeit regelmäßiger sei als an der Oberfläche. Es ist in der That nicht wahrscheinlich, daß die Salzigkeit, mithin auch die Dichtigkeit des Meerwassers mit der Tiefe zunehmen, indem, nach Versuchen von Gay-Lüssac, gesättigtes Salzwasser, das er in langen Röhren ruhig stehen ließ, nicht ungleich dicht ward, und die Bewegungen des Meeres sich vermuthlich bis ganz auf den Grund desselben erstrecken. Jedenfalls beträgt die Zunahme des Salzgehaltes, wenn sie nach der Tiefe zu wirklich Statt findet, doch nur etwa $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{9}$. Anders verhält es sich mit dem Oberflächenwasser, dessen Salzigkeit aus mancherlei äußeren Ursachen verschieden ist. So wird man es ganz natürlich finden, wenn in der Nähe der Mündungen großer Ströme ein geringerer Salzgehalt angetroffen wird als auf offener See; Ströme, wie der Ganges, Plata,

Orinoco, Marauon, die zu gewissen Jahreszeiten mehrere hunderttausend Kubikfuß Wasser in einer Sekunde in's Meer ergießen, vermindern den Salzgehalt bis auf 50 und 100 Seemeilen weit von der Mündung, weil das leichtere Stromwasser auf der Oberfläche schwimmt, und machen es oft trinkbar, wie z. B. bei der Mündung des La Plata. Andere lokale und rein momentane Verhältnisse, welche auf den Salzgehalt Einfluß haben, sind die Verdunstung, wässerige Meteore und die Eisbildung. Die Verdunstung wird durch erhöhte Temperatur und Luftbewegung ganz besonders befördert, und wird deßnahen am stärksten sein, wo beide Bedingungen zusammenwirken. Dies ist der Fall zwischen den Tropen, in den Regionen der Passate, und weil bei der starken Verdunstung des Meerwassers in jenen Gegenden die salzigen Bestandtheile zurückbleiben, so hat man die Regel aufgestellt, daß das Meer nach dem Aequator hin salziger werde. Allein diese Regel leidet bedeutende Ausnahmen; auch ist das Maximum des spezif. Gewichtes nicht unter dem Aequator selbst, sondern wird im atlantischen Ozean nördlich und südlich von demselben angetroffen, nämlich unter dem 20° N. Br. und 40° W. L., von wo der Salzgehalt wieder kleiner wird, unter etwa 6° N. Br. und 21° W. L. sein Minimum erreicht und dann wieder zu einem Maximum übergeht, welches man unter 19° S. Br. und 36° W. L. setzen kann. In der Südsee sind ebenfalls zwei Maxima, doch zeigt sich das südliche unter 17° S. Br. und 119° W. L. am auffallendsten. Diese Anomalie scheint aus den aus der Meteorologie bekannten Windverhältnissen herzurühren; denn in der Nähe der Linie, wo die Region der Windstillen ist, verdunstet das Wasser ohne Zweifel in geringerer Menge als in der Region der Passate, wo gegen die Grenzen der gemäßigten Zonen ein steter frischer Wind ein bedeutendes Förderungsmittel der Verdunstung ist. Die Ursache, daß in der Südsee sich das südliche Maximum des spezif. Gewichtes so auffallend zeigt, findet man in den hohen Bergen Amerika's, welche die durch den Ostwind fortgetriebene Feuchtigkeit auffangen, und erklärt sich das nördliche Maximum im atlantischen Ozean aus dem Einflusse der trockenen Winde, die über Afrika wehen. Auch große Flächen von Seetang verursachen eine größere Salzigkeit und Vermehrung des spezif. Gewichtes, indem durch die Blätter und schwimmenden Stengel desselben sich das Wasser empordrängt und dadurch eine größere Verdunstungsfläche darbietet. Horner fand daher regelmäßig diejenigen Stellen des Meeres, wo sich Fucuswiesen befinden, schwerer; in der Fucusbank von Corvo war die Schwere des Wassers bis zu 1,0295 erhöht, eine Größe, die sonst im atlantischen Ozean nicht getroffen wird. — Das im Meerwasser befindliche Salz wird aber auch durch Eisbildung ausgeschieden und unter die übrige Wassermenge vertheilt, was eine Vermehrung des Salzgehaltes zur Folge hätte, wenn nicht wieder das aus dem schmelzenden Eise erhaltene süße Wasser eine Verminderung herbeiführte, so daß demnach unter

höheren Breiten der Salzgehalt bis dahin etwas geringer sein muß, bis wohin durch schmelzende Eisberge große Massen süßen Wassers geführt werden. Nach Marcet, der in verschiedenen Meeren sehr genaue Untersuchungen über das spezif. Gewicht des Seewassers angestellt hat, zeigten unter höheren Breiten die Wasserproben von der Oberfläche immer einen geringeren Salzgehalt als die aus größeren Tiefen. Es kann diese Beobachtung für die Schifffahrt von praktischem Nutzen sein, insofern man annehmen darf, daß wenn innerhalb des Polarkreises der Salzgehalt zunimmt und gleichförmiger wird, in den dortigen Regionen keine ausgedehnten Strecken mit Eis belegt seien. — Auch starke Regengüsse machen das Oberflächenwasser des Meeres leichter. Horner fand im atlantischen Ozean unter 4° N. Br., daß ein sechsstündiger heftiger Regen das spezif. Gewicht des Wassers merkbar verändert hatte; an der Küste von Malabar wird zur Zeit der heftigsten periodischen Regengüsse das Meer fast trinkbar, und ebenso soll das Meer an der Küste von Cumberland in dürrer Zeit fast um 1 Prozent (0,8) salziger sein als bei nassem Wetter.

Aus älteren und neueren Messungen geht unverkennbar hervor, daß unter den Ozeanen der atlantische am salzreichsten ist und daß in demselben in Folge der anhaltenden starken Verdunstung und der Weströmung des Meeres der Salzgehalt nach Westen hin wächst. Der indische Ozean wird salzreicher als die Südsee, je mehr er sich dem atlantischen nähert. Daß eingeschlossene Meere weniger salzig seien als offene, gilt als allgemeine Regel; so fand Horner den Salzgehalt der Ostsee nur 1,0067 wiegend. Dasselbe ist der Fall mit dem Wasser der Nordsee, des ochozkischen, chinesischen und schwarzen Meeres, und nur das mittelländische soll, nach Einigen, von dieser Regel eine Ausnahme machen und salziger sein als selbst der atlantische Ozean. Doch hat von Hoff nachgewiesen, daß der Unterschied des spezifischen Gewichtes des Wassers beider Meere noch nicht genügend ermittelt sei.

Man hat die Grenzen zu bestimmen gesucht, innerhalb welcher sich das spezif. Gewicht des Meerwassers hält, und, wenn nicht besondere Ursachen einwirken, das Minimum zu 1,0265, das Maximum zu 1,0295 angegeben, die Temperatur des Meereswassers bei 0° und des reinen Wassers im Punkte seiner größten Dichtigkeit genommen. Marcet berechnet das Mittel zu 1,0281, Gay-Lüssac bei 6°,8 R zu 1,0286 und Horner bei 10° R zu 1,027. Wenn der Kubikfuß Regenwasser 62 Pfund wiegt, so wiegt der Kubikfuß Seewasser durchschnittlich 72 Pfund, und es geht daraus hervor, daß das Meerwasser größere Lasten zu tragen vermag.

Der Salzgehalt des Meeres ist verschieden, wie seine spezif. Schwere, und im Allgemeinen so gering, daß auch die salzreichsten Meere noch lange nicht gesättigt sind. Darum schützt das Meerwasser auch gar nicht gegen Fäulniß, und dieser Umstand kann den Seefahrern, besonders in der Region

der Windstillen, oft gefährlich werden, indem bei einer 12 bis 14tägigen Windstille die offene See faul und stinkend wird. Deßhalb sind auch die Küsten von Cumana, Vera Cruz u. s. w., wo das heiße Klima die Fäulniß befördert, so ungesund und kaum bewohnbar. Die Untersuchungen über die Menge und die Art der im Meere enthaltenen Salze sind rein chemischer Natur. Man setzt nämlich das Seewasser so lange der Hitze aus, bis das reine Wasser ganz weggedunstet ist und der wägbare Rückstand das Verhältniß der Menge vorhandener fester Bestandtheile zur Quantität des Wassers abgibt. Gay-Lüssac, dem wir über den Salzgehalt des Wassers im atlantischen Meere wol die genauesten Bestimmungen verdanken, erhitzte den nach der Verdunstung gebliebenen Rückstand noch bis zum Glühen, um die festen Bestandtheile sämmtlich und wasserfrei zu erhalten; der so dargestellte Rückstand betrug im Minimum 3,57, und im Maximum 3,77, im Mittel 3,665 Gewichtstheile in 100. Der Rückstand des Wassers aus der Ostsee beträgt 1,18 Prozent, und der des mittelländischen Meeres, vorausgesetzt daß die Analysen und Wägungen richtig seien, 4,18 Prozent.

Kochsalz ist der vorwaltende Bestandtheil des Seewassers, weshalb in Gegenden, wo der Salzgehalt des Meeres stark und die Hitze beträchtlich genug ist, wie an den Küsten Brasiliens und Portugals, das Seesalz in Gruben durch Verdunstung ausgeschieden wird und dann zum ökonomischen Gebrauche dient. Zum Kochsalz gesellt sich noch salzsaure und schwefelsaure Bittererde, schwefelsaurer Kalk, salzsaures Natron, freies und schwefelsaures Kali, freie Kohlensäure und, nach Marcet, ein merklicher Antheil von kohlensaurem Kalk, woraus vielleicht die große Produktion der Schalthiere erklärlich wird. Die im Meerwasser enthaltenen Kochsalze geben ihm den eigentlichen salzigen, die Bittersalze den bitteren Geschmack, und sind Ursache, daß sein Genuß den Durst erhöht und zugleich heftigen Durchfall erzeugen. Außer den genannten und einigen anderen mineralischen Bestandtheilen findet sich im Seewasser noch eine schleimige, übelriechende Substanz, die den ekelhaften, Brechen erregenden Geschmack veranlaßt und von der zahllosen Menge thierischer und vegetabilischer, in Fäulniß übergegangener Körper herrührt. Die genannten Eigenschaften des Seewassers wurden schon frühe Veranlassung, auf Mittel zu sinnen, es von seinem Salzgehalte zu befreien und dadurch trinkbar zu machen. Das einzige praktische Mittel dieser Reinigung ist die Destillation, für welche Irving eine Maschine konstruirte, die ihm vom engl, Parlamente 4000 Pfd. Sterl. Belohnung eintrug. Die Einrichtung ist einfach. Die Matrosen erhalten an vier Tagen in der Woche kein Fleisch, und an diesen wird der große Fleischkessel mit Seewasser gefüllt, um ihn gegen das Verbrennen zu schützen. In dem hölzernen Deckel desselben brachte Irving eine küpferne Röhre an, um die aufsteigenden Wasserdämpfe aufzufangen, leitete diese zu einer Vorlage durch ein Kühlfaß, in welches ein

Matrose stets frisches Wasser pumpen mußte. Auf diese Weise werden die Dämpfe abgekühlt und schlagen als trinkbares Wasser nieder, das jedoch nie so gut als natürliches ist. Bei dieser Einrichtung wird zwar dieselbe Feuerung, welche zum Kochen der Speisen angewandt wird, auch zum Destilliren des Seewassers benutzt und daher keineswegs mehr Brennmaterial nöthig; allein es wird doch nur dem äußersten Mangel vorgebeugt, indem die Destillation nur etwa $1/3$ des regelmäßigen Wasserbedarfs liefert. „Da gegenwärtig durch die Erweiterung der Technik bessere Methoden aufgefunden worden sind, um das Wasser in genügender Menge sicher aufzubewahren, und die Vervollkommnung der Nautik die Schiffe mehr gegen ein unerwartet langwieriges Herumirren sichert, die Plätze zur Aufnahme von frischem Wasser aber beim Antritte jeder Reise vorher bestimmt sind, so hat damit das Bedürfniß einer Reinigung und Trinkbarmachung des Seewassers aufgehört so wichtig und dringend zu sein, als in früheren Zeiten."

Seit den ältesten Zeiten hat man die Frage über den Ursprung des Salzes im Meerwasser zu beantworten versucht, und ist dabei von der nicht durchdachten Voraussetzung ausgegangen, als habe sich das Salz der Meere erst erzeugt. Man stellte sich auf dem Meeresgrunde Steinsalzlager vor, wie wir dergleichen im Festlande antreffen, und erklärte diese als die Ursache der Salzigkeit des Meeres. Offenbar waren bei dieser Annahme zwei Fälle zu unterscheiden, entweder eine bereits geschehene, oder eine noch nicht beendigte Auflösung dieser Steinsalzlager. Im ersteren Falle mußten sie so viel Salz enthalten haben, als dem jetzigen Salzgehalt des Meerwassers entspricht, und aus dem zweiten Falle, wenn die Auflösung der Steinsalzlager noch immer im Fortschreiten begriffen ist, folgt eine zunehmende Vermehrung der Salzigkeit des Meeres. Allein in jenem Falle bleibt die Entstehung des längst aufgelösten Salzes ebenso räthselhaft als das zu erklärende Problem selbst, und die Frage ist damit nicht beantwortet, und einer stets zunehmenden Vermehrung des Salzgehaltes, die sich aus dem zweiten Falle ergibt, widerspricht die Erfahrung, nach welcher der Zustand des nicht völlig gesättigten Seewassers sich nicht ändert. Die ganze Hypothese ist somit verwerflich und die Ansicht, auf der sie beruht, eine verkehrte; es ist vielmehr weitaus natürlicher, anzunehmen, daß das Salz der Meere, entweder in seiner Verbindung oder in seinen Elementen, bei der Bildung unsers Erdballs ebenso gut schon vorhanden gewesen sei und zu den ursprünglichen Gebilden der Erde gehöre, wie alle übrigen Bestandtheile desselben. „Man könnte, sagt Mädler, mit eben dem Rechte, mit welchem man frägt, woher das Meerwasser salzig sei, die Frage aufwerfen, woher das Flußwasser süß sei? Es ist, wie Lichtenberg bemerkt, am wahrscheinlichsten, daß der Zustand des Meerwassers der normale und ursprüngliche des Wassers selbst sei, und daß nur die Verdunstung, bei welcher das Salz zurückbleibt, die Filtration an

den Quellen und andere Umstände dem Flußwasser seinen trinkbaren Zustand verleihe.“ Was endlich die mächtigen Steinsalzlager selbst betrifft, die in verschiedenen Gegenden der Kontinente so häufig gefunden werden, so berechtigen überwiegende Gründe zu der Annahme, daß sie, statt Ursache vielmehr Wirkungen der Salzigkeit des Meeres sind, Sedimente nämlich aus dem Meere; wie denn heutzutage noch an flachen Ufern heißer Landstriche, wo Meereswinde und Fluthen beträchtliche Massen Meerwasser landeinwärts treiben, sich bei schneller Verdunstung viel Steinsalz niederschlägt, das allmälig zur festen Rinde wird.

§ 80. Was die Temperatur des Meeres betrifft, so hängt dieselbe unter den verschiedenen Breiten, in ungleichen Tiefen und in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten von vielfachen, sich gegenseitig bedingenden Ursachen ab. Dahin gehört zuerst die Durchsichtigkeit des Seewassers, in Folge deren ein großer Theil der Sonnenstrahlen durchgelassen wird und tiefer eindringt, und daher nicht so viel Wärme erzeugt wird, als dies auf dem Festlande geschieht. Das Wasser besitzt ferner die Fähigkeit, Wärme zu leiten, nur in einem geringen Grade, weßhalb Wassermassen von ungleicher Wärme oft längere Zeit neben einander bestehen können, ohne daß sie ihre Temperaturen gegen einander ausgleichen. Im Zusammenhang hiermit steht der Umstand, daß das kältere, mithin schwerere Wasser sinkt, während das örtlich erwärmte emporsteigt, und daß durch Winde und Strömungen die Wärme sehr ungleich vertheilt wird, indem oft Wassermassen von sehr verschiedener Wärme nahe an einander grenzen und aus anderen Gegenden herbeigeführt werden. Endlich dürfen diejenigen Strömungen nicht übersehen werden, welche große Wassermassen in der Tiefe aus den Polargegenden in die äquatorische Zone führen, während umgekehrt andere aus niederen Breiten in höhere fließen, die zahlreichen übrigen Meeresströme nicht gerechnet. Den Einfluß aller dieser Ursachen wird man berücksichtigen müssen, wenn man durch die sich oft widersprechenden Resultate der Beobachtungen nicht irre gemacht werden will.

Der Gesichtspunkt, aus welchem Untersuchungen über die Meerestemperatur angestellt werden können, ist ein doppelter, indem man entweder die Temperatur der Oberfläche im Verhältniß zur Temperatur der benachbarten Luft, oder die Temperatur verschiedener Meerestiefen im Verhältniß zu derjenigen der Oberfläche vorzugsweise berücksichtigen kann. Im Allgemeinen sinkt die Temperatur der Oberfläche des Meeres nach Maßgabe der zunehmenden Breite, und es kann als Gesetz gelten, daß sie der mittleren Temperatur der jedesmaligen Orte sehr gleich ist, dieselbe jedoch, wie Humboldt gezeigt hat, etwas übertrifft. Was das Maximum der Wärme angeht, so differiren die verschiedenen Angaben um etwa 1° C, jedenfalls aber ist es höher als das mittlere der Luft und muß zu 29° C (23°,2 R) gesetzt werden.

Da es unter verschiedenen Breiten gefunden wird, so geht daraus hervor, daß die Linie der größten Meereswärme den Aequator unter einem nach dem Stande der Sonne veränderlichen Winkel schneidet. Von dieser Linie an nach den Polen hin nimmt die Wärme ab, und in niederen und mittleren Breiten, für welche eine hinlängliche Menge von Beobachtungen vorliegen, kennt man die Abnahme ziemlich genau, weniger in höheren Breiten, wo die Schifffahrt fast nur auf den Sommer beschränkt ist und der Einfluß der Strömungen, sowie die Anwesenheit von schmelzendem Polareise genaue Messungen erschweren. Unter dem nördlichen Wendekreise findet sich die mittlere Temperatur zu 23°,51 C, unter dem südlichen zu 24°,12, unter 45° N. Br. zu 12°,35 C, unter 45° S. Br. zu 15°,60 C, woraus eine größere Wärme der südlichen Hemisphäre hervorzugehen scheint. Allein unter höheren Breiten der nördlichen Halbkugel ergeben die Beobachtungen ein geringes Uebergewicht der Temperatur, indem auf derselben die Abnahme der Temperatur bis zum 54 Breitengrade so fortschreitet, wie man es aus theoretischen Gründen erwarten muß, dann aber eine plötzliche Wärmezunahme eintritt, die dem Einflusse des wärmeren Wassers südlicher Strömungen zuzuschreiben ist. In beiden Halbkugeln ist die Temperatur an der Grenze des Polarkreises und zwischen den Eismassen meistens dem Gefrierpunkte des süßen Wassers sehr nahe. Aus zahlreichen Beobachtungen, welche Berghaus zusammengestellt hat, scheint hervorzugehen, daß in der atlantischen Zone zwischen den Parallelen von 11° und 18° N. Br. die Wärme um 0°,25 für jeden Grad der Länge steigt, wenn man sich vom 47sten Grad W. L. von Paris an dem caraibischen Meere nähert, und die Ursache dieser Temperaturdifferenz findet man in den Meeresströmen. In der heißen Zone und darüber hinaus ist die mittlere Temperatur der Atmosphäre, nach Berghaus, etwas höher als die des Meeres, wogegen in der gemäßigten Zone das Wasser wärmer ist als die Luft. Nach Humboldt jedoch ist unter der Linie die Meeresoberfläche stets um einen geringen Unterschied wärmer, als die damit in Berührung befindliche Luftschicht, weil die auffallenden Sonnenstrahlen aus dem Wasser mehr Wärme entbinden als aus der Luft, wobei indeß die Statt findende Verdunstung die Erwärmung wieder vermindert.

Die Temperatur des Meeres zeigt in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten eine viel größere Beständigkeit, als auf dem Lande gefunden wird, und behält sie selbst bis zu höheren Breiten hinauf bei, wo das Meer, mit Ausnahme der Polarzone, flüssig bleibt, während auf dem Lande starrender Frost herrscht. Der geringe Wärmeunterschied, den die Meeresoberfläche bei Tag und während der Nacht zeigt, hat seine Ursache in dem Verhalten des Meeres, welches die Sonnenstrahlen theils zurückwirft, theils bis zu größerer Tiefe eindringen läßt, sich in der Regel in steter Bewegung befindet, und wegen seiner großen Wärmecapazität nicht schnell eine höhere Temperatur

annimmt. Mag sich daher die Temperatur der über dem Meere befindlichen Luft auch noch so merklich ändern, so wird dies auf die Wärme des Meeres augenblicklich keine und erst bei längerer Dauer eine merkliche Wirkung äußeren. Ausgenommen ist nur der Fall, wo das ohnehin dem Gefrierpunkt nahe Seewasser durch starke Kälte in kurzer Zeit sich mit einer Eisdecke überzieht. In der Nähe des Aequators hat das Meerwasser Jahr aus Jahr ein eine Temperatur von 22° — 23° R, und kaum wird ein Unterschied in den Nächten wahrgenommen; aber von da an nach höheren Breiten hin tritt der Einfluß der Jahreszeiten und die mit der geographischen Breite wachsende Zunahme dieser Einwirkung stets merklicher hervor, läßt sich inzwischen nicht im Allgemeinen bezeichnen, weil die mittlere Temperatur des Meeres, ebenso wie die des Landes, nicht überall mit den Graden der Breite regelmäßig abnimmt. Wenn, nach Beobachtungen, der Temperaturunterschied in den verschiedenen Jahreszeiten unter 20° N. Br. nur etwa 1° R betrug, so war derselbe unter 30° N. Br. bereits 6°, unter 48° N. Br. über 7°, unter dem 60° aber nur etwa 2°, und es zeigen überhaupt einzelne Messungen auffallende Sprünge und Abweichungen von einer nach einem festen Gesetze gegen die Pole hin Statt findenden Abnahme der Wärme.

Eingeschlossene Meere zeigen größere Temperaturunterschiede als die Ozeane, weil der Einfluß der umgebenden Länder um so bedeutender sein wird, je geringer der Umfang der Meere, oder je heißer der Boden der einschließenden Länder ist. Namentlich ist die Sommertemperatur der Binnenmeere höher als die des Ozeans unter gleichen Breiten. So fand man am 3. Aug. 1819 und am 24. Juni 1820 die Oberfläche des mittelländischen Meeres unter 38° 46′ und 39° 12′ N. Br. zwischen 29° u. 29°,5 C, 3° wärmer als die mittlere Temperatur des Antillenmeeres und nur 1° weniger, als von Humboldt die Temperatur des Ozeans mit guten Thermometern jemals unter dem Aequator gefunden hat. Man sieht leicht, daß das mehr abgeschlossene Wasser der Binnenmeere durch die äußere höhere Temperatur des Landes schneller erwärmt wird. Daher zeigt sich im Sommer die Oberflächentemperatur der Ostsee bei Kopenhagen zwischen 22° bis 23°,7 C und Humboldt fand dieselbe im August 1834 bei Swinemünde = 23°,2 C, gegenüber Treptow 20°,3 und am frischen Haff noch 20°,8, während die mittlere Temperatur der Ostsee im Sommer zwischen 15° und 17°,5 C angegeben wird. Dieselbe Vermischung des Einflusses von Land und Meer bewirkt, daß bei Annäherung an die Küsten, besonders flache und weitausgedehnte Küsten, die Temperatur der Meeresfläche merklich erhöht wird, so daß das Thermometer die Nähe des Landes verkündet, wenn an demselben eine fortschreitende Wärmezunahme wahrgenommen wird. Es läßt sich diese Erscheinung, auch ohne den Einfluß des Landes in Rechnung zu bringen, schon darum erwarten, weil die das durchsichtige Wasser durchdringenden Sonnenstrahlen in dem dichteren und

undurchsichtigen Boden eine größere Wärme erzeugen. Dabei dürfte die von Peron zu Hülfe genommene Wärmeentbindung durch die zahllosen Zoophyten, welche man in der Nähe des Landes findet, einen, wenn auch nur geringen, Beitrag zur Erhöhung der Temperatur des Küstenwassers liefern. — Wie bei Stürmen die Temperatur der Luft, so wird bei denselben auch die der Meeresfläche beträchtlich vermindert, gerade wie man ja auch heiße Getränke durch Blasen kühlt; jedoch findet die Temperaturveränderung nicht in dem Grade Statt, wie bei der Atmosphäre, und Peron schätzt das Verhältniß der Abkühlung des Wassers zu der der Luft in gewöhnlichen Fällen wie 1 : 6.

Gehen wir über zur Betrachtung der Temperatur nach der Tiefe hin, so ist zuvörderst zu bemerken, daß man sich zur Ausmittlung derselben eigener Thermometer bedient, die sich selbst registriren und Thermometrographen oder Registerthermometer heißen. Als allgemeine Regel für die Temperatur des Seewassers unter der Meeresfläche kann gelten, daß dieselbe überall mit der Tiefe abnimmt, wie dies schon aus der theoretischen Betrachtung hervorgeht, zufolge welcher das bis zu 3°,5 erkaltete Wasser wegen seines spezifischen Gewichtes die unterste Stelle einnehmen muß. Wenn nun Strömungen der Tiefe wie der Oberfläche dahin wirken, überall Wasser von 3°,5 zu verbreiten, so wird daraus die Erscheinung erklärlich, nach welcher Versuche mit Registerthermometern das Wasser in großen Tiefen sowol unter dem Aequator als unter hohen Breiten 3°,5 gefunden haben. Freilich zeigen auch zahlreiche Beobachtungen, daß die Temperatur des Meerwassers in bedeutenden Tiefen unter die Temperatur der größten Dichtigkeit des süßen Wassers sinkt, weil der Salzgehalt des Meeres den Thermometergrad der größten Dichtigkeit herabzieht. So hat man Tiefenwasser von 2°,2 und 1° gefunden, ja man hat sogar unter 67° N. Br. aus einer Tiefe von 4400 Fuß Wasser geschöpft, welches eine Temperatur von — 2°,6, unter 78° N. Br. und bei 660 Fuß Tiefe — 0°,4 hatte. Ausnahmen von obiger Regel bilden nur diejenigen Stellen, wo das Wasser durch submarine Vulkane partiell erhitzt wird, so daß unter tieferen Schichten von geringerer Temperatur wieder wärmere gefunden werden. Solche Stellen hat man im nördlichen Polarmeere unter hohen Breiten gefunden und im Golfstrome an der Ostküste Nordamerikas pflegt, nach Horner, das aus 480 — 600 engl. Fuß Tiefe heraufgezogene Bleiloth über die Siedehitze des Wassers warm zu sein. Solche Ausnahmen von der Regel können indeß nur selten vorkommen, weil der Natur der Sache nach das wärmere, mithin leichtere Wasser aufsteigen muß und nur dann in größeren Tiefen gefunden werden kann, wenn es dort unmittelbar erwärmt oder durch starke Strömung am Aufsteigen gehindert wird. Es nimmt ferner die Wärme nach der Tiefe hin um so viel stärker ab, je höher die Temperatur der Oberfläche ist, weßhalb der Temperaturunterschied zwischen dem Tiefen-

wasser und der Oberfläche im Allgemeinen am größten in der äquatorischen Zone ist, wo die Meeresfläche die höchste Temperatur zeigt. So fand man unter 20° S. Br. und 68 östl. L. bei 5800 Fuß Tiefe 7°,4 R gegen 23°,0 der Oberfläche, unter 20°,5 N. Br. 83° W. L. bei 20°,8 der Oberfläche in 6000 engl. Fuß Tiefe 6°,8 R, unter 21°,3 N. Br. 196° W. L. bei 21°,1 der Oberfläche in 4248 engl. Fuß Tiefe 2°,33; dagegen zeigte sich unter 45°, 9 N. Br. 15°,3 W. L. in einer Tiefe von 2535 engl. Fuß 7°,9 R bei 11°,68 der Oberfläche, und in höheren Breiten werden die Unterschiede noch kleiner, je mehr sich die Temperatur der Oberfläche dem Nullpunkte nähert. Man kennt auch Fälle, wo die Temperaturabnahme aufhört, und diese haben zu der Ansicht geführt, daß zwar die Wärme von der Oberfläche mit der Tiefe abnehme, dann aber stationär werde. Allein Beobachtungen dieser Art sind zu wenig zahlreich, als daß ein konstanter Wärmegrad überall in einer gewissen Tiefe angenommen werden dürfte. Ob übrigens ein eigentliches Gesetz über die mit der Tiefe abnehmende Wärme wirklich vorhanden sei, dies scheint mir unwahrscheinlich zu sein, weil das Wasser sehr langsam erwärmt wird, die einmal erhaltene höhere Temperatur nicht so leicht wieder verliert, und zudem allgemeinen und partiellen Strömungen unterworfen ist. Was die Jahreszeiten betrifft, so erstreckt sich ihr Einfluß auf keine beträchtlichen Tiefen; bei 600 F. ist an demselben Punkte der Thermometerstand im September wie im Januar gefunden worden, und kann selbst in der Aequatorialzone, wo nach einigen Beobachtungen eine mit der Tiefe zunehmende Wärme gefunden wurde, sich jedenfalls nicht viel weiter erstrecken.

Es ist gar nicht wahrscheinlich, daß der Meeresboden mit Eis bedeckt sei; denn so lange erstlich ein Zuströmen des Wassers aus geringeren Breiten ungehemmt vor sich geht, wird stets ein Wasser von 3°,5, oder einem nahe liegenden Grade den Grund einnehmen; zweitens müßte Eis, das sich in großen Massen am Boden bildete, sich wegen seines geringeren spezif. Gewichts (§ 75) losreißen und wie das Grundeis unserer Flüsse, das oft Steine mit sich hebt, emporkommen, abgesehen davon, daß zum Gefrieren unter einem so bedeutenden Drucke wegen der Ausdehnung des Eises eine Kälte nothwendig wäre, welche in der Tiefe nicht gefunden werden kann; drittens endlich ist nicht zu übersehen, daß das Salzwasser beim Gefrieren Salz ausscheidet; mithin müßte das in der Nähe des sich in einer gewissen Tiefe bildenden Eises vorhandene salzreichere Wasser sich senken, das Eis aber sich heben. Wenn die angeführten Ursachen ein Ansetzen des Eises auf dem Boden hindern, so folgt daraus zugleich, daß die Temperatur des Meeres nirgends unter den Gefrierpunkt des Seewassers, also unter etwa — 4° R herabgehen kann. Wenigstens ist an sehr kalten Orten, mitten zwischen dem Eise keine so niedrige Temperatur, auf jeden Fall kein Eis und an dem einen eigentlichen Kältenpole, dem man sehr nahe kam, kein eigentliches Erstarrtsein des

Meeres von der Oberfläche bis auf den Grund gefunden worden. Sehr wahrscheinlich theilt die Erde dem sie berührenden Wasser Wärme mit, und es geht also die Erkältung des Seewassers nicht von der Erde, sondern von der Luft aus. Die größte Kälte, welche im nördlichen Polarmeere gefunden worden ist, beträgt — 3°,12 R bei einer Tiefe von etwa 4000 engl. Fuß.

Eine sonderbare, auf glaubhaften Zeugnissen beruhende Erscheinung ist die, nach welcher das Meer über Untiefen, insbesondere über Felsen, eine Verminderung der Temperatur erleidet, die um so schneller abnimmt, je steiler die Küsten sind. So sah Humboldt einmal über einer Sandbank das Thermometer auf 13°,3 bis 12°,5 C sinken, ungeachtet es in der ganzen Umgebung 15° bis 15°,3 C zeigte, und ein andermal über der Sandbank zwischen Tabago und Granada auf 23°, während es in offenem Meere 25°,6 C angab. Dieses Phänomen steht mit der ebenfalls wol begründeten und als Gesetz aufgestellten Erscheinung, der zufolge das Meer an und über den Küsten, namentlich den flachen, wärmer ist, als auf hoher See, offenbar im Widerspruch. Ich gebe hier die Erklärung desselben von Davy und Muncke. Der erstere schreibt die seltsame Erscheinung dem Herabsinken der an der Oberfläche nächtlich erkalteten Wassertheilchen zu; seiner Ansicht nach erzeugen nämlich die Sonnenstrahlen Wärme im Wasser des Meeres und diese ist an der Oberfläche am stärksten, eben hier aber findet auch ein Wärmeverlust durch Strahlung und Verdunstung Statt; im tiefen Meere sinkt dann das hierdurch erkältete Wasser herab, und entzieht sich somit der Messung; an flachen Stellen kann es aber nicht so tief herabsinken und muß daher das Thermometer afficiren. Wird dann gleich das Wasser an den Küsten durch die Sonnenstrahlen, die den Boden treffen, erwärmt, so strömt dagegen bei Nacht die kältere Luft vom Lande, welches durch die Strahlung schneller als das Wasser erkaltet, dem Meere zu und kühlt die Oberfläche ab. Durch beide Ursachen erkalten die Wassertheilchen der Oberfläche, sinken herab, bleiben aber der Oberfläche näher, weil die Sandbank sie hindert in größere Tiefe herabzusinken. Muncke erinnert bei seiner Erklärung an die allgemein bekannte Thatsache, daß flachere Gewässer überhaupt wärmer sind als tiefere, weil die eindringenden Sonnenstrahlen vom Boden aufgefangen werden und dort Wärme entwickeln. Ueber Felsen und Untiefen im weiten Ozean und an den Küsten desselben müßte der nämliche Erfolg Statt finden, allein bei diesen bewirke die Fortpflanzung der Bewegung des Meeres, daß tiefe Wasser an den Rändern der Bänke, wie auf einer geneigten Ebene, emporsteigen, sich mit den oberen vermischen und hier eine größere Kälte erzeugen. Auch Humboldt neigt sich dieser Erklärungsweise zu, und sie hat, da die Bewegungen des Meeres sich bis zu bedeutenden Tiefen hinab erstrecken, entschieden vor der ersteren den Vorzug größerer Einfachheit. Auf solche Weise wird also das Wasser auf Untiefen erkältet, und es entstehen daher auch auf den-

selben häufig Nebel, weil ihre kälteren Wasser den Dunst aus der Seeluft niederschlagen. „Solche Nebel, schreibt Humboldt, habe ich, im Süden von Jamaica und auch in der Südsee, den Umriß von Bänken scharf und fern erkennbar bezeichnen gesehen. Eine noch merkwürdigere Wirkung der wassererkältenden Untiefen ist die, daß sie, fast wie flache Korallen- und Sandinseln, auch auf die höheren Luftschichten einen bemerkbaren Einfluß ausüben. Fern von allen Küsten, auf dem hohen Meere, bei sehr heiterer Luft, sieht man oft Wolken sich über die Punkte lagern, wo die Untiefen gelegen sind. Man kann dann, wie bei einem hohen Gebirge, bei einem isolirten Pic, ihre Richtung mit dem Compaß aufnehmen.“

Obige Betrachtungen über die Vertheilung der Temperatur an der Oberfläche und nach den Tiefen des Meeres hin mögen für unseren Zweck genügen, und es wird dem aufmerksamen Leser einleuchtend sein, daß eine genaue Kenntniß der Temperaturen der Oberfläche in meteorologischer Hinsicht am wichtigsten ist. Die Gleichheit der Meereswärme auf offenen Ozeanen, da, wo nicht durch Strömungen Wasser verschiedener Breiten und also verschiedener Temperaturen gemischt werden, ist sehr groß, und man hat auf Flächen, die viele tausend Quadratmeilen groß sind, mehrere Tage hinter einander nicht über 1° bis 2° Temperaturdifferenz bemerkt. Vom 40° N. Br. an, wo die mittlere Jahrestemperatur der Atmosphäre 16°,6 C beträgt, übertrifft die mittlere Temperatur des nordatlantischen Ozeans bis zum 55° N. Br. die der Luft stets um eine veränderliche Größe; noch bedeutender sind die Unterschiede im Winter, weßhalb eben die europäischen Winter durch die Westwinde sehr gemildert werden. Nach Humboldt hat die Oberfläche des nordatlantischen Ozeans in der Breite des nördlichen Deutschlands, selbst außerhalb des Golfstroms, eine Wintertemperatur, welche die mittlere Januar-Temperatur von Marseille um 4°,5 C übertrifft, ja der mittleren Januar-Temperatur von Palermo gleich kommt. „So langsam ist die Erkältung einer großen Wassermasse, so wirksam das Herabsinken der erkälteten Wassertheile, oder das Bestreben alles Verschiebbaren (Flüssigen), trotz des großen Verlustes durch Wärmestrahlung und Verdunstung, die Erkältung der Oberfläche zu vermindern!“ Die Januar-Temperatur ist freilich nicht das Minimum der Meerestemperatur, denn dieses fällt beim Meere nicht, wie bei der Luft, in den Januar, sondern in Februar und Anfang März; allein die Unterschiede der mittleren Temperaturen von Januar und März sind kaum 0°,5, mithin so gering, daß durch sie kein merklicher Einfluß auf die Temperaturverhältnisse der Länder ausgeübt wird. Am größten ist die Gleichheit und Beständigkeit der Temperatur in der Tropenzone, fern von den Küsten, besonders zwischen 10° nördlicher und 10° südlicher Breite. „Man hat daher mit Recht gesagt, heißt es im Kosmos, daß eine genaue und lange fortgesetzte Ergründung dieser thermischen Verhältnisse der Tropenmeere uns auf die ein-

fachste Weise über das große, vielfach bestrittene Problem der Konstanz der Klimate und der Erdwärme unterrichten könne. Große Revolutionen auf der leuchtenden Sonnenscheibe würden sich demnach, wenn sie von langer Dauer wären, gleichsam in der veränderten mittleren Meereswärme, sicherer noch als in den mittleren Temperaturen der Feste, reflektiren."

§ 81. Nach Versuchen von Parrot gefriert das Seewasser bei — 4° R, nach Marcet bei — 4° bis 4°,4, und erreicht bei dieser Temperatur seine größte Dichtigkeit. Allein die schon früher beginnende Krystallisation, als Anfang seines Gefrierens, bewirkt eine partielle Ausscheidung des in ihm enthaltenen Salzes und rückt dadurch den Gefrierpunkt höher hinauf; denn je größer die vorhandene Wassermasse im Verhältniß zu der Oberfläche ist, auf welche die Kälte einwirkt, um desto leichter beginnt eine Ausscheidung von Salz und ein partielles Gefrieren des hiernach minder salzreichen Wassers. Diese Ausscheidung geschieht daher am schnellsten auf offener See, und deßnahen gefriert um Spitzbergen nach Scoresbi das Meer von 1,026 spezif. Gewicht schon bei — 2° C, vom spezif. Gewichte = 1,046, wenn es durch Frost konzentrirt ist, bei — 10°,2 C, und ganz gesättigtes Seewasser noch nicht bei — 15° C. Es gefriert also, wie man sieht, um so langsamer, je größer sein Salzgehalt ist, und bedarf hierzu für höhere Grade der Sättigung einer immer tieferen Temperatur. Das Gefrieren des Meeres geschieht aber auch um so langsamer, je stärker seine Bewegung und je größer seine Entfernung vom Lande ist. Fortschreitend gefriert immer zuerst weniger gesalzenes, dann bei zunehmender Kälte fortschreitend das mehr gesalzene Wasser; die in Buchten herrschende Ruhe begünstigt zwar die Eisbildung, allein auch auf offener See und in bewegtem Meere kann Eis entstehen. Immerhin aber tritt die Eisbildung bei Landesnähe und geringerem Salzgehalt früher ein als unter entgegengesetzten Bedingungen, und die mehr geschlossenen Binnenmeere der nördlichen gemäßigten Zone belegen sich daher im Winter mit Eis, während die offenen Meere derselben Breiten eisfrei bleiben. So gefrieren z. B. schon in mäßigen Wintern manche Theile der Ostsee und werden den Schiffen unzugänglich, während die Nordsee und selbst das Kattegat auch bei der strengsten Kälte frei vom Eise bleiben. Vom Dezember an bis in den April sind in der Ostsee fast alle Häfen, Buchten und kleineren Meerengen mit Eis bedeckt. Am meisten ist dies im bottnischen und finnischen Meerbusen der Fall, und nicht selten ist der Eingang des ersteren, zu beiden Seiten der Alandsinseln, so zugefroren, daß man von Schweden nach Finnland auf Schlitten reisen kann. Aber auch die südlicheren Theile der Ostsee werden zuweilen mit Eis bedeckt, und es gibt Winter, wo man in Schlitten und Wagen aus der schwedischen Landschaft Smaland auf die Insel Oeland fahren kann und Sund und Belt gefroren sind. Verlassen wir indeß die Meere der gemäßigten Zone und wenden uns weiter nach den Polen hin, so stoßen

wir dort auf ungeheure Massen ewigen Eises, das nur im hohen Sommer, während des wochen- und monatlangen Tages kleine Veränderungen erleidet.

Oft sieht man im bewegten Polarmeere Stellen, welche nicht-geschmolzenem Schnee gleichen; es sind Eiskrystalle, die, sowie sie sich gebildet haben, die Oberfläche ruhig machen und von den Schiffern sludge genannt werden. Sie würden zusammenschießen und eine feste Decke bilden, wenn die Wellen es nicht hinderten. Verschieden davon sind die zu kleinen Stücken zerbrochenen Eistafeln, die sich vereinigen, durch Anstoßen abrunden und bis zu ein Fuß Dicke und mehreren Klaftern im Umfang wachsen, wo sie dann Pancakes (Pfannkuchen) heißen. In ruhiger See bilden sie zusammenhängende Eisdecken, die nach und nach, mögen sie liegen bleiben oder fortgetrieben werden, bis zur Dicke von mehreren Fuß anwachsen; sie nimmt in der Regel im nördlichen Polarmeere bis Ende Mai stets zu und erreicht oft 10 Fuß. Roß beobachtete, daß das Wasser unmittelbar unter dem Eise solcher Tafeln eine Temperatur von —2°,78 C. hatte. Solches Eis bildet sich z. B. in den Buchten und zwischen den Inseln um Spitzbergen, und treibt stets in südwestlicher Richtung weiter, bis es zuletzt durch Schmelzung verzehrt wird. Diesem Treibeis folgen Eisfelder nach, die oberhalb Spitzbergen gebildet werden und diesen Namen haben, wenn ihre Grenzen selbst von der Spitze eines Mastbaumes nicht zu übersehen sind, dagegen Eisflarden heißen, wenn ihre Ausdehnung erkannt werden kann. Ihr Eis bildet sich vermuthlich zwischen den fortgetriebenen und den liegenbleibenden Eismassen, und das süße Wasser, das sie geben, rührt ohne Zweifel von der 2 bis 3 Fuß hohen Schneelage her, die im Winter darauf fällt, im Sommer größtentheils aufthaut und dann wieder gefriert. Es ist begreiflich, daß die Wiederholung dieses Prozesses die Ursache der unermeßlichen Eisfelder wird, die das Erstaunen der Beobachter sind. Scoresby sah dergleichen, die 100 engl. Meilen lang und 50 breit und so eben waren, daß ein Wagen ohne Anstoß über sie hätte hinfahren können. Die meisten Eisfelder haben indeß Hervorragungen, Hummocks, welche im Sonnenlichte in den glänzendsten Farben leuchten und dadurch das Einförmige der glänzenden Fläche unterbrechen. Diese Hummocks sind Stücke zerbrochener Eisfelder, die über die größere Fläche geschoben sind, während andere, die unter sie gedrückt werden, Kälber (calfs) heißen, und oft so groß sind, daß Schiffe, die über sie hinsegeln, sie zu beiden Seiten unter sich haben. Die Eisfelder ragen in der Regel 4—6 Fuß über die Wasserfläche empor, tauchen 10—20 Fuß tief ins Wasser ein, und treiben, auch wenn der Wind aus entgegengesetzter Richtung weht, stets in südlicher oder südwestlicher Richtung. Sie werden zuletzt durch die Wellen zerbrochen und in Treibeis verwandelt, das offenes Eis genannt wird, wenn Schiffe zwischen den Eisstücken durchfahren können, geschlossenes dage-

gen, wenn die Eisstücke sich berühren. Da diese Eismassen durch Winde und Strömungen in steter Bewegung sind, so bringen sie den Schiffen oft große Gefahr. Wenn ein im Fortrücken begriffenes Eisfeld auf ein unbewegtes stößt, oder gar mit einem anderen aus entgegengesetzter Richtung zusammentrifft, so bringt dies einen Stoß hervor, dessen Wirkung jede Vorstellung übersteigt. „Man denke sich, sagt Scoresby, eine im schnellen Laufe aufgehaltene Masse von vielleicht 10000 Millionen Tonnen (eine Tonne zu 2000 Pfund) an Gewicht! Das schwächere Eisfeld wird unter schrecklichem Getöse ganz zerstört. Ungeheure Massen werden hier über einander geschoben, bei 20 bis 30 Fuß hoch; andere gänzlich versenkt. Der Wallfischfänger, obschon er ohnehin in steten Gefahren lebt, muß doppelt wachsam sein, wenn die Umstände ihn nöthigen, zwischen bewegten Eisfeldern hindurch zu schiffen, und wenn vollends noch neblige Witterung ihn hindert, ihre Richtung genau wahrzunehmen. Es ist einleuchtend, daß auch das stärkste Schiff dem Gegenstoße zweier Eisfelder ebenso wenig zu widerstehen vermöge, als ein Blatt Papier eine Flintenkugel in ihrem Laufe aufhalten könnte. Aller angewandten Vorsicht ungeachtet gehen viele Schiffe zwischen diesen Massen zu Grunde; bald werden sie auf das Eis hin und umgeworfen; bald wird der Boden des Schiffes abgerissen; zuweilen werden sie unter Eistrümmern begraben.“ Häufig ist die Bewegung der Eisfelder rotirend und so stark, daß ein Punkt in ihrem Umfange oft mehrere hundert Seemeilen in einer Stunde zurücklegt, und wenn zwei mit entgegengesetzter Rotation zusammenstoßen, so wird eines, oder es werden auch beide in Stücke zerschellt. Wenn Treibeis in solcher Menge vereint fließt, daß man seine Ausdehnung nicht unterscheiden kann, so heißt es Packeis, das gewöhnlich aus über einander gepackten Eisstücken besteht.

Verschieden von den Eisfeldern sind die Eisberge. Die einen sind Gletscher, welche aus den Thälern der Uferländer bis an's Meer reichen, sich ablösend in die See stürzen, einige Male sich umwälzen und endlich nach hergestelltem Gleichgewichte als schwimmende Eisberge sich fortbewegen; die meisten aber werden, nach der Ansicht Scoresby's, eines der besten Kenner der Polarmeere, in Buchten, selbst auch im offenen Meere gebildet, wo dann der stets auf's Neue auf sie fallende Schnee ihre Masse zuletzt bis in's Unermeßliche vermehrt; oder indem sie, hinausgetrieben in's Meer, durch Stürme über einander geschichtet werden und auf solche Weise zu so gewaltigen Massen anwachsen. An der Ostküste von Spitzbergen soll, nach der Meinung der genannten Seefahrer, der Stammort der in jedem Jahr in ungeheurer Menge nach Süden geförderten Eisbildungen sein. Ein Kubikfuß Meereis wiegt etwa $1/10$ weniger, als ein Kubikfuß Seewasser; das spezifische Gewicht des Eises ist 0,915 bis 0,925, Süßwasser zu 1,000 angenommen; nimmt man aber Seewasser zu 1,000 an, so beträgt das spezif.

Gewicht des Eises 0,894 bis 0,900. Hieraus geht hervor, daß man bei Eisbergen im Allgemeinen auf 1 Kubikfuß Eis über dem Wasser wenigstens 8 Kubikfuß Eis unter dem Wasser rechnen muß. Der größte Eisberg, den Scoresby im grönländischen Meere sah, hatte ungefähr 3000 Fuß im Umfang, oben eine 20 F. aus dem Wasser hervorragende Fläche und mußte ungefähr 150 bis 160 Fuß tief im Wasser gehen; in der Davisstraße dagegen hat man sie von etwa 2 Seemeilen (eine engl. Seemeile = 5710 par. F.) lang, $^2/_3$ Seemeilen breit, mit Spitzen von mehr als 100 Fuß hoch und bis 450 Fuß tief in's Wasser hinabgehend gesehen, ja selbst Eismassen mit Flächen von 5 bis 6 Quadratseemeilen und 150 Fuß Höhe, die in 90 bis 100 Faden Tiefe auf dem Grunde lagen, und deren Gewicht mehr als 2000 Mill. Tonnen betrug. Forster sah im Südmeere Eisberge, von etwa 2000 Fuß Länge, 400 F. Breite, 200 F. Höhe; Parry sah unter dem 70° n. Br. einen Eisberg, der 12000 F. lang, 10000 F. breit, 51 F. hoch war, aber mit dem Theile unter dem Wasser über 360 F. dick; er berechnete dessen körperlichen Inhalt zu 48000 Mill. Kubikfuß und sein Gewicht zu etwa $2^1/_2$ Billionen Pfund. Auch die Dauer der Eisberge ist beträchtlich; so erkannte Scoresby einen der größten Eisberge an derselben Stelle des grönländischen Meeres wieder, wo ihn Phipps vielleicht 50 Jahre zuvor gesehen hatte. Auf manchen Eisbergen liegen Felsblöcke von mehr als 100 Zentnern Schwere. Groß ist auch die Zahl der Eisberge; Forster zählte deren am 26. Dez. 1773 vom Mastkorbe aus 186, von denen keiner geringer als das Schiff war, welches ihn trug, und Roß hatte in der Baffinsbai unfern der Hafeninsel auf einer Seite des Horizontes an 700 Eisberge im Gesicht. — Die Eisberge zeigen Spalten, wie die Gletscher und haben oben tiefe Löcher mit Wasser, das die Seefahrer mittelst Schläuchen in ihre Fässer leiten. Selbst bei Nebel und in dunkler Nacht erkennt man sie an ihrem Glanze, der so ausgezeichnet ist, daß er die Bewunderung aller Seefahrer erregt. Roß berichtet, es gebe keine größere Farbenpracht, als die Eisberge sie darbieten, denn bei Tage wie bei Nacht glänzten sie an den weißen Stellen wie Silber, und an den übrigen mit so lebhaften Regenbogenfarben, daß keine Kunst diese nachzuahmen vermöge. Wenn die Spitzen in der Sonne mit Goldglanz glänzen, so bewirkt dies, daß der Himmel über ihnen grün erscheint. Dieses herrliche Farbenspiel, in seiner ganzen Pracht nur diesen Erdgegenden eigen, wird durch Brechung und Reflexion erzeugt und ist zu unterscheiden von dem sogenannten Eisblinken, einem lebhaften weißlichen Glanz am Himmel, durch den sich das Polareis den Schiffern jederzeit ankündigt, wenn sie sich einem Eisfelde oder nur einer ausgedehnten Lage Packeis nähern. Der Eisblink ist der Widerschein dieser Eismassen, und zeigt sich an dem den Horizont berührenden Theile der Atmosphäre, worin das ganze ausgedehnte Eisfeld, selbst wenn es sich 20 bis 30 Seemeilen über den Gesichts-

kreis hinauserstreckt, zum Vorschein kommt. — Die größeren Eisberge werden vom Winde nicht stark bewegt und geben den Schiffen Schutz; jedoch ist es gefährlich an ihnen vor Anker zu gehen, theils weil sie zuweilen ihren Schwerpunkt ändern und umschlagen, theils weil oft ein Schlag mit der Axt, in der Absicht einen Anker zu befestigen, einen ganzen Berg mit großem Krachen spalten macht. Diese Brüchigkeit hält Muncke für eine Folge ihrer Sprödigkeit, die durch ungleiche Temperatur schon bei ihrer Entstehung erzeugt werde, während Scoresby sie von einem Lockerwerden bei beginnender Schmelzung herleitet. Die Brüchigkeit des Eises ist oft so groß, daß schon ein bloßer Schall hinreicht, um ein Bersten derselben hervorzubringen. „So fuhren einst 7 Menschen in einem Boote durch den Isefiord (Grönland), die sich so ruhig hielten, daß sie selbst den Ruderschlag vermieden; als aber ein Knabe mit einer zwei Fuß langen Bootstütze auf das ausgespannte Fell des Kahns schlug, stürzte ein Stück vom nächsten Eisberge herab und Alle kamen in den Wellen um.“ Aber auch heftige Kälte macht das Eis brüchig, die Eisberge beginnen dann zu krachen, man hört bei wachsender Kälte das furchtbare Getöse und im Frühjahr sieht man dann die Stücke dieser gewaltigen Eismassen wie Bruchstücke durch Erdbeben zerstörter Berge umherliegen.

Was die Beschaffenheit des Meereises betrifft, so ist dasselbe doppelter Art, entweder Salzwassereis oder Süßwassereis. Das erstere ist porös, undurchsichtig, von milchig weißer Farbe und giebt, weil es noch etwas Salz enthält, beim Schmelzen ein schwach salziges Wasser. Es ist weicher und leichter als das Süßwassereis, welches sich bei größerer Ruhe und vermuthlich am häufigsten von geschmolzenem Schneewasser bildet; deshalb ist es auch sehr rein, durchsichtig und von schöner grüner Farbe. Wegen seiner vollkommenen Durchsichtigkeit konnte sich Scoresby seiner statt des Glases bedienen; es ritzt auch wie Glas, weil es scharfkantig und spröde ist.

Die unzählig oft beobachtete Strömung des Eises nach Süden und Südwesten, das Herabkommen der Eisfelder und ihr Ersetztwerden durch neue scheint nur im grönländischen Meere und in der Baffinsbai stattzufinden; das Eis der sibirischen Polarmeere dagegen, welches Wrangel während seiner Reise auf die Eismeere drei Jahre lang zu beobachten Gelegenheit hatte, bietet eine unübersehbare Ebene dar, welche im Winter der Tundra (dem nördlichen Sibirien) gleicht. Sowie diese von hohen Bergen begrenzt wird, so ziehen sich auch auf dem gefrorenen Meere hohe Eisrücken, Torossy, dahin, welche große Thäler bilden, die mit wellenförmig festgefrorenem Schnee bedeckt sind. Diese Torossen, die oft 80 Fuß Höhe erreichen und deren Eis ein weniger salzhaltiges Wasser liefert, als das eigentliche Meereis, verdanken ihren Ursprung den Eisschollen, die, vom Winde getrieben, sich auf einander schieben. Eine Merkwürdigkeit der Eisfelder des sibirischen Polarmeeres sind die breiten Stellen, welche mitten in diesen Eisflächen, in

den Regionen des ewigen Frostes und mitten im Winter offenes Fahrwasser enthalten. Diese offenen Stellen heißen dort Polinjen, und eine solche große, beständig offene Polinje beginnt im Nordwesten von der Insel Kotel'noj, zieht sich von da anscheinend in südöstlicher Richtung 270 geogr. Meilen bis zum Kap Jakan, von wo an die Linie sich wieder von der Küste entfernt. Im Westen von Kotel'noj zieht sie sich vielleicht bis zum asiatischen Kältepol unter etwa 79° nördl. Br. und 120° östl. von Paris. Nördlich von dieser Linie liegt die große Polinje, außer welcher es noch viele kleinere giebt. Am Rande der Polinjen findet man stets Torossen. Eine andere Eigenthümlichkeit, welche das Eis dieses Polarmeers zeigt, ist die Ausscheidung von Seesalz, welches sich fast überall auf der Eisfläche findet, wo sie nicht mit Schnee bedeckt ist, hauptsächlich über dünnem Eis und in der Nähe offener Stellen. Dieses bittere Kochsalz, Seerossol genannt, bildet kleine Häufchen von Körnchen, die durch Streifen des nämlichen Salzes mit einander verbunden sind. Man glaubt, es rühre vom Seewasser her, welches aus den freien Stellen durch die Winde über die Oberfläche des Eises getrieben wird, dort durch die heftige Kälte sogleich gefriert, wobei das so entstandene Eis sich mit dem schon vorhandenen verbindet, das hierdurch ausgeschiedene Salz aber kristallisirt. — Die Refraktion der Lichtstrahlen ist übrigens auf diesen sibirischen Eisflächen ganz ungeheuer, sowol im eigentlichen Winter durch die vom Froste verdickte Luft, als auch im April und Mai durch die aus dem Schnee aufsteigenden Dünste. Letztere besonders sind es, die jene Trugbilder hervorbringen, welche den Reisenden Land oder Felsen vorspiegeln, wo nichts als Dampf und Strahlenbrechung zu sehen ist. Oft nehmen sie ganz abenteuerliche Gestalten an, man sieht hoch in der Luft schwebende Felsmassen, Waldpartien u. s. f., ähnlich wie in der benachbarten Tundra.

Hinsichtlich des geographischen Verbreitungsbezirkes des Polareises ist es eine auf vielfache Beobachtungen sich stützende Thatsache, daß die Eisberge aus der Davisstraße südlich bis zur Küste von Neufoundland treiben, und es scheint, daß die Eisgrenze in den Nordpolarländern weiter nach Süden vorrücke, indem die Ostküste Grönlands, welche bis in's 15. Jahrhundert 190 Dörfer und 2 Klöster gehabt haben soll, jetzt vor Eis nicht mehr zu erreichen ist. In Nordamerika reicht die südliche Eisgrenze am weitesten südlich, denn die Hudsonsbai ist nur 3 Monate im Jahre wegen des neunmonatlichen Eises befahrbar. Nach Scoresby läßt sich die Lage und Ausdehnung des Nordpolareises in jedem Frühjahre auf folgende Weise darlegen: indem es die Hudsons- und Baffinsbai, sowie die Hudsons- und einen Theil der Davisstraße erfüllt, bildet es eine unregelmäßige, aber zusammenhängende Linie von Neufoundland bis Nova Semlja und schließt sich dort an die Küsten der alten Welt an, um weiter gegen Osten auch die nördli-

chen Gestade der neuen Welt zu belagern. Ob der Pol eisfrei sei, oder ob sich am Pole ein Festland von Eisbergen befinde, ist unbekannt. Die südlichen Eismassen, die aller Wahrscheinlichkeit nach einen größern Umfang haben, als die nördlichen, weil die mittlere Temperatur des Südpols, nach Kämtz, fast 5° C niedriger ist, als die des Nordpols, treiben weiter gegen die gemäßigte Zone, als die nördlichen, die Eisberge gelangen bis etwa 42° oder 43° südl. Br., und im April 1828 wurde sogar Treibeis in 35° südl. Br. gesehen. Wenn vorhin gesagt wurde, daß es den Anschein habe, als nehme das Eis, vornämlich an der Ostküste Grönlands, zu, so gründet sich dies auf Sagen. Es ist historisch, daß um das Jahr 1000 von Norwegen Niederlassungen in Grönland angelegt wurden, die bis zum Anfang des 15. Jahrhunderts mit dem Mutterlande in Verbindung geblieben. Um diese Zeit aber hörte die Verbindung der grönländischen Kolonien mit dem Mutterlande, aus Ursachen, die bis jetzt noch nicht ergründet worden sind, auf. Ein halbes Jahrhundert später und dann noch zu wiederholten Malen war man bemüht, Spuren der alten Niederlassungen aufzufinden; allein Niemand war da, der auch nur die Gegend näher zu bezeichnen wußte, wo sie gestanden hatten. Man suchte sie auf der östlichen Seite von Grönland, und da man dort längs der ganzen Küste und schon auf eine große Entfernung von derselben das Meer mit undurchdringlichem Eise bedeckt fand, und diese Eismasse im Laufe der drei jüngsten Jahrhunderte nicht von der Stelle wich; so schloß man, daß diese Vermehrung des Eises erst seit dem Ende des 14. Jahrhunderts erfolgt sein und daß daher in der dortigen Gegend ein wirklich fortschreitendes Wachsen des Eises stattfinden müsse. Dieser Schluß wurde allmälig von den meisten Geographen adoptirt. Allein dieser Schluß ist gewagt; denn betrachten wir das Aufhören der Verbindung der grönländischen Kolonien mit dem Mutterlande, wie sich von selbst versteht, als die Wirkung einer Ursache, so ist es sehr unwahrscheinlich, daß diese die Vermehrung des Eises gewesen sei. Eine solche Vermehrung konnte gewiß nur allmälig stattfinden, und fünfzig Jahre sind dafür auf eine solche Erstreckung ein zu kurzer Zeitraum. Der Anfall eines feindlichen mächtigeren Volkes, eine Seuche, oder irgend ein anderes Naturereigniß würden die in Frage stehende Erscheinung erklärlicher machen. Und in der That sprechen dafür die gegen Ende des letzten Jahrhunderts von den Dänen angelegten neuen Niederlassungen an dem südlichsten Theile der Westseite von Grönland; eine nähere Untersuchung daselbst zeigte eine große Menge von Trümmern regelmäßig angelegter und zum Theil großer Gebäude, die gar keinen Zweifel daran erlauben, daß diese Gegend selbst diejenige ist, in welcher die alten norwegischen Pflanzorte und die vielen Kirchen gestanden haben, deren die alten Nachrichten gedenken. Von einer Nachkommenschaft der ehemaligen europäischen Einwohner dieser Gegend hat man aber nicht die mindeste Spur

entdecken können; nur Eskimos durchziehen das Land. Man hat daher allen Grund anzunehmen, daß die alten norwegischen Niederlassungen sich sämmtlich auf der westlichen Seite von Grönland, und zwar am südlichen Ende derselben, in dem jetzt Juliana Haab genannten Striche, befunden haben, welcher mehrere Grad weiter gegen Osten liegt, als der nördlichere Theil derselben Küste, und daher wol das östliche Grönland genannt werden konnte, und daß auf der Ostseite von Grönland niemals europäische Niederlassungen bestanden haben. Der Kapit. Graah, der im J. 1829 von der Spitze von Grönland an der Ostküste bis 65° 18′ nördl. Br. vordrang, fand keine Spur von ehemaligen Bauwerken und dergl., und man kann sich daher wol überzeugt halten, daß die wirkliche Ostseite von Grönland in den ältesten Zeiten ebenso stark mit Eis belegt war, wie man sie jetzt findet. (Nach v. Hoff.) Die Sage von einer ehemals größeren Kultur Irlands ist ebenfalls sehr zweifelhaft, und wenn namentlich dieselbe von den vielen Waldungen spricht, welche die ersten Anbauer auf Island gefunden haben sollen, und die jetzt bis auf wenige Ueberbleibsel verschwunden sind; so ist nur daran zu erinnern, daß auch in den Gebirgskantonen der Schweiz die Waldungen von der Höhe nach der Tiefe hin abnehmen, daß diese Abnahme aber ein Werk der schonungslosen, vernichtenden Menschenhand, keineswegs aber die Wirkung eines veränderten Klimas ist. Solchen Sagen kann also über die Frage, ob das Polareis im Vorrücken begriffen sei, keine entscheidende Stimme eingeräumt werden, und aus Erscheinungen, die sich auf Veränderungen des Polareises beziehen, und die man im Laufe einiger Jahrhunderte wahrgenommen hat oder zu haben glaubt, allgemein geltende Folgerungen abzuleiten, ist zur Zeit noch sehr schwer.

Farbe und Durchsichtigkeit des Meerwassers.

§. 82. Die einen Naturforscher halten die Farbe des Meeres für eine ihm eigenthümliche, die anderen dagegen nicht, und bezeichnen sie verschieden. Forster hält das Meer für farblos und glaubt, daß seine blaue Farbe vom Himmel erborgt sei, während Davy dieselbe als die eigenthümliche des Meeres bezeichnet, wenn es rein sei und in größerer Menge gesehen werde. Er fand nämlich, daß das ganz reine, selbst durch keine Gefäße getrübte Wasser, z. B. das der hohen Gletscher, eine sehr schwache bläuliche Farbe habe und diese zuweilen auch in einigen Bergseen beibehalte; eingemengte organische Stoffe sollen aber, nach seiner Ansicht, durch ihre gelbliche Farbe bewirken, daß das Meer grünlich erscheine. Auch Scoresby und Humboldt, von denen jener im nördlichen Eismeere, dieser in den Tropenmeeren dem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit widmeten, schreiben dem Meere eine eigenthümliche

Färbung zu und halten es für blau, und zwar für dunkler als das Himmelblau, nämlich ultramarinblau. Scoresby erklärt die Entstehung dieser blauen Farbe dadurch, daß die auffallenden Lichtstrahlen verschluckt und nur die blauen zurückgeworfen werden, und räth, um die eigentliche blaue Farbe der See genau wahrzunehmen und die Täuschungen zu entfernen, die durch den Einfluß der Sonnenstrahlen und der Wolken erzeugt werden, das Meer durch ein langes, inwendig geschwärztes Rohr zu betrachten, das fast bis zur Oberfläche hinabreiche. Humboldt verlangt zu demselben Zwecke, daß der Beobachter die Augen auf einen kleinen Theil der Oberfläche durch eine enge Oeffnung hefte, wobei ihm das Wasser mit einer prächtigen Ultramarinfarbe erscheinen werde. Nach Müller ist die Farbe des Seewassers blaugrün, wenn der Himmel heiter ist, was nach ihm den Grund darin zu haben scheint, daß Wasser die rothen Strahlen besser durchlasse, die blauen und grünen dagegen zurückwerfe. Damit stimmt auch Muncke überein, und beide begründen ihre Ansicht durch den Versuch Halleys in der Taucherglocke, wornach demselben die obere Fläche seiner Hand, die von den eindringenden Strahlen getroffen wurde, rosenroth, die untere Fläche dagegen von den reflektirenden Strahlen blaugrün erschien. Dahin gehört auch die Erscheinung, nach welcher man häufig, wenn die Sonne gegen Abend in schräger Richtung auf das Meer scheint, auf der Lichtseite einen herrlich smaragdgrünen Schein sieht, während sich auf der Schattenseite die Komplementarfarbe in herrlichem Purpurroth einstellt. Nimmt man alle diese Beobachtungen zusammen, namentlich diejenige Davys, wonach das im Gletschereis eingeschlossene, durch nichts getrübte Wasser eine schwach himmelbläuliche Farbe hat, und die Bemerkung Humboldt's, daß das Meer oft auf offener See, wo es über 800 Toisen Tiefe hat, wo also von einer Mischung der gelben Strahlen des Grundes mit den blauen keine Rede sein kann, grün ist, ferner daß das Meer bei Stürmen grün zu erscheinen pflegt; so wird man wol nicht weit gefehlt haben, wenn man die Farbe des Meeres als blaugrün bezeichnet, so zwar, daß sie bald mehr blau, bald mehr grün erscheint. „Die blaue und die grüne Farbe, sagt Muncke, sind vorherrschend, in verschiedenen Abstufungen vom Hellsten bis zum Dunkelsten, so daß namentlich der Anblick etwas hoher und überschlagender Wellen mit ihren weißen Kämmen an den beschatteten oder minder erleuchteten Stellen ein tiefes, in's Schwarze übergehendes Blau erzeugen, welches von helleren, in's Röthliche spielenden Stellen begrenzt ohne Zweifel den Griechen Veranlassung gab, das Meer purpurn zu nennen." Nach Humboldt sind die Tropenmeere von einem reineren und stärkeren Blau, als die Meere unter höheren Breiten, ein Unterschied, welcher sich namentlich am Golfstrom wahrnehmen läßt. Auffallend sind auch die schnellen Veränderungen, welche nach ihm die Farbe des Meeres bei heiterem Himmel und ohne den geringsten Wechsel in der Atmosphäre erleidet, indem mitten

im weiten Becken des Aequinoktial-Ozeans die indigoblaue Farbe desselben in's dunkelste Grün und von diesem in's Schiefergrün übergeht. Ob übrigens die Farbe, unter welcher uns das Meer erscheint, geradezu die Folge einer eigentlichen Färbung, oder aus der Theorie der sogenannten subjektiven Farben abzuleiten sei, mag hier unentschieden bleiben, ich bemerke nur noch, daß, wenn man das Meer durch ein langes geschwärztes Rohr beobachtet, das Seewasser immer blau wahrgenommen wird, mag Windstille oder Sturm herrschen, das Wetter heiter oder trübe, der Himmel rein oder bedeckt sein.

Nimmt die Tiefe des Meeres gegen die Küsten hin ab, so ändert sich auch seine Farbe, weil alsdann mehr weißes Licht vom Grunde reflektirt wird und das Wasser weniger rein ist. Untiefen oder Strömungen können daher schon aus dem Farbenwechsel des Seewassers erkannt werden. Trübungen und Färbungen im Meere, wenn sie sich auf einzelne Stellen beschränken, haben in der Regel sehr nahe liegende und leicht erkennbare Ursachen; so sah man einst die See in der Gegend von Sumatra röthlich gefärbt von vegetabilischen Substanzen, die aus Wäldern in's Meer geführt worden waren; in andern Fällen waren kleine Thiere die Ursache rother Färbung. Der grünliche Schein des Wassers der Nordsee scheint in der geringeren Reinheit derselben seinen Grund zu haben; das gelbe Meer bei China verdankt seine Farbe dem lehmigen Schlamme des Hoang-ho, der in jeder Stunde 418 Mill. Kubikfuß Wasser, worunter 2 Mill. Kubikfuß Erde, zum Meere führt; ebenso theilt sich optisch die Farbe der vielen rothgefärbten Korallen dem Wasser des arabischen Meerbusens mit, das daher rothes Meer heißt; endlich erleidet die Färbung des Meeres eine Veränderung durch die Nähe und die Farbe des Grundes, sodaß weißer feiner Sandgrund dem Meere an seichten Stellen eine grünlichgraue oder apfelgrüne, gelber Sand eine dunkelgrüne, Klippen eine schwärzliche Färbung geben. Uebrigens bieten solche Farbenänderungen im Ganzen wenig Interessantes dar, nur eine partielle Färbung im grönländischen Meere ist sehr merkwürdig. Die sonst tiefblaue Farbe dieses Meeres erscheint an einzelnen Stellen mit schmuzig olivengrüner Farbe, und wol der vierte Theil des grönländischen Meeres zwischen 74° und 80° nördl. Br. hat so gefärbtes und dabei auffallend undurchsichtiges Wasser, das Streifen bildet, die zuweilen 30 bis 45 geogr. Meilen lang und 2 bis 4 Meilen breit sind. Die blaue und grüne Farbe sind oft scharf gegen einander abgegrenzt, oft gehen sie stufenweise in einander über. Scoresby, der die grünfärbende Substanz untersuchte, fand, daß sie aus kleinen Thierchen bestand, die zum Geschlechte der Medusen gehören und undurchsichtige Kügelchen bilden von 1/20 bis 1/30 Zoll im Durchmesser, und aus kleinen fadenförmigen Substanzen von der Länge eines Punktes bis zu einem Zehntel eines Zolles und aus mehreren Gliedern zusammengesetzt, deren Zahl ihre Länge bedingte, während ihr Durchmesser

nur etwa 1/300 Zoll betrug. Diese fadenförmigen Substanzen waren dunkler gefärbt und Scoresby konnte nicht unterscheiden, ob sie lebten oder nicht. Die Zahl dieser Medusen, welche jene Streifen färben, übersteigt alle Vorstellung; man schätzt auf eine einzige englische Kubikmeile wenigstens 24 Billionen solcher Thierchen, und bedenkt man die große Ausdehnung dieses olivengrünen Wassers, so erhält man eine wahrhaft ungeheure Zahl. Scoresby entdeckte in dem Wasser unweit Spitzbergen noch drei andere Spezies kleiner, mit bloßem Auge nicht sichtbarer Thiere, die sehr lebendig sind. Auf verhältnißmäßig kleinem Raume ist also im grönländischen Meere eine überschwengliche Fülle organischen Lebens zusammengedrängt, während das Eis jener Gegenden nur von einzelnen Sturmvögeln und Eisbären bewohnt ist. Es scheinen diese Medusen verschiedenen Spezies größerer Mollusken zur Nahrung zu dienen, von denen sich dann wieder die riesenhaften Wallfische nähren, die deshalb auch in jenen grünen Streifen so häufig vorkommen.

Das Meerwasser, wenn es durch fremdartige Substanzen nicht getrübt wird, zeigt in geringen Mengen, z. B. in einem Trinkglase, völlige Durchsichtigkeit, die in der Regel größer ist, als bei dem mit fremden Theilchen reich beladenen Wasser unserer Flüsse. Auch in größeren Mengen ist das Meerwasser noch sehr klar, sodaß der Verlust, den das durchfallende Licht erleidet, bei Schichten von geringer Dicke nicht sehr bemerkbar wird. Man setzt im Allgemeinen den Lichtverlust im Seewasser für eine Schicht von 10 Fuß = 50 : 35 und folgert daraus in einer Tiefe von 679 Fuß eine völlige Undurchsichtigkeit desselben. Allein es ist sehr wahrscheinlich, daß das Licht tiefer eindringe, als das Auge des Menschen. Die Beobachtung lehrt übrigens, daß das Meerwasser eine ungleiche Durchsichtigkeit hat, namentlich ist es unter niederen Breiten viel durchsichtiger, als unter höheren, zumal wenn es zwischen und neben Inseln vorzüglich ruhig ist. Muncke findet die Ursache hiervon in der Ruhe und dem hieraus hervorgehenden Niederfallen der durch die Wellen selbst aus bedeutender Tiefe aufgerührten und weithin fortgeführten, verunreinigenden Theilchen. Die Klarheit des Meerwassers bei den westindischen Inseln ist schon Columbus aufgefallen, Schöpf aber wurde dadurch entzückt, daß er den weißen Boden bis auf 60 Fuß Tiefe erkennen konnte. „Das Boot, worin man fährt, schwebt über einer kristallenen Flüssigkeit und scheint in der Luft zu hängen, so daß dem Ungewohnten leicht schwindelt. Auf dem reinen Sande des Bodens sieht man unter sich tausenderlei Gewürm, Seeigel, Seesterne, Schnecken und vielartige Fische von so schönen Farben, als man bei diesen Thieren in Europa kaum denkbar findet. Brennendes Roth, reinstes Blau, Grün und Gelb wechseln, man schwebt über ganzen Waldungen von Seepflanzen, Gorgonien, Korallen, Alcyonen, Flabellen und Schwammgewächsen, die durch ihr Farbenspiel das Auge nicht minder ergötzen und von den Wellen eben so sanft bewegt

werden, als die schönste Vegetation eines blumenreichen Gefildes auf der Erde. Zugleich täuscht sich das Auge über die Tiefe, indem man glaubt Pflanzen mit der Hand pflücken zu können, die mit einem 10 Fuß langen Ruder nicht erreichbar sind." Ist der Meeresboden bei den westindischen Inseln mit vielfarbigen Korallen oder mit Sand und Korallen bedeckt, so ist er in einer Tiefe von 15 bis 20 Faden noch deutlich sichtbar, in der caraibischen See will Admiral Milan den Grund sogar in einer Tiefe von 150 Fuß erblickt haben. In der Nordsee ist fern von den Küsten die Durchsichtigkeit des Wassers so bedeutend, daß man die unter dem Meeresspiegel befindlichen Theile des Schiffes in scharfen Umrissen sieht. Auch im nördlichen Eismeere, mit Ausnahme der oben beschriebenen Medusenzone, ist die Durchsichtigkeit des Wassers sehr groß; so fand Kapitän Wood bei seinem Versuche im Jahr 1676, die nordöstliche Durchfahrt zu entdecken, in der Nähe von Novaja Semlja die Tiefe der See 80 Faden oder 480 Fuß, und sah dessen ungeachtet nicht nur den Grund, sondern selbst die auf dem Grunde liegenden Muscheln. „Aus dieser großen Transparenz des Seewassers, bemerkt Muncke, ist erklärlich, daß die konvexen Linsengläser der Taucherglocken in 25 Fuß Tiefe noch als Brennlinsen wirken, weil ungeachtet der Absorption des Lichtes durch das Wasser immer noch genug vorhanden ist, um zu einem erhitzenden Focus vereinigt zu werden."

Leuchten des Meeres.

§. 83. Wir kommen zu einer optischen Erscheinung, die unstreitig zu den reizendsten und wundervollsten des Meeres gehört, und ich weiß die nähere Beschreibung derselben nicht besser einzuleiten, als mit folgenden Worten Ehrenberg's. „Viele große Naturerscheinungen, sagt er, gehen an allen Bewohnern der Erde gleichartig, nur mehr oder weniger beobachtet, vorüber; andere sind weniger allgemein und ziehen zwar die ganze Aufmerksamkeit aller derer auf sich, welche sie berühren, aber bleiben einer großen Anzahl von Menschen für immer fremd und unbekannt. Erzählungen von kristallartigem, festem Wasser im Winter und von einem schattigen Gebüsch und dichtem, lebendigem Teppich der Wiesen, sowie vom Farbenschmuck der Fluren im Sommer, sind uns Bewohnern Europas ein wol bekanntes und liebliches, erheiterndes Bild, und selbst die bloße Erinnerung und gemüthvolle Erzählung davon vermag uns in eine heitere Stimmung zu versetzen, welche gewöhnlich zugleich die unwillkürliche Anerkennung der in der Erzählung liegenden Wahrheit ist. Von solchen Erzählungen versteht aber ein Bewohner des mittleren Afrikas so wenig, als ein Blindgeborener vom köstlichen Gemälde. In Nubien erzählte ich öfter den Berbern und Nubiern, um sie zu

erfreuen und in Verwunderung zu setzen, vom festen Wasser unserer Flüsse im Winter, das wie das ihnen bekannte Steinsalz erhärte, oder dem dort ebenfalls vorkommenden blätterigen Gipse ähnlich werde, und im Sommer wieder dem Nile gleich, kräftig fortströme und pflanzenreiche Fluren bewässere. Meist hörten sie freundlich, aufmerksam und sich verwundernd zu, auch an den Mienen sah man wol, daß sie den Sinn der Worte richtig verstanden hatten, allein daß ihre Freundlichkeit ohne alles Mißtrauen gegen die Wahrheit der Mittheilung gewesen, ließ sich selten recht zur Ueberzeugung bringen, und ihre Gefühle sprachen sich zuweilen noch deutlicher aus, indem sie offenbar sehr übertriebene Dinge aus ihrem Lande erzählten, um im gutmüthigen Scherz mit gleicher Münze zu bezahlen. — So findet sich fast in allen Beschreibungen von Seereisen ein Kapitel vom Leuchten der See, aber wer diese Naturerscheinung nie selbst gesehen, hat keine Vorstellung von ihrem zuweilen starken Eindruck, und könnte wol geneigt sein, die Erzählung für ein Mährchen, für eine Täuschung, oder doch für übertrieben zu halten, so daß er sich wenigstens nicht eben besonders angeregt fühlt, viel über die verschiedenen Erklärungen der Erscheinung nachzudenken, und deren Haltbarkeit und Hindernisse bleiben in ziemlich gleichgültiger Betrachtung. Ganz anders verhält sich das mit einem im weiten Ozean Schiffenden. Man würde sich kaum anders freuen, wenn man nie den gestirnten Himmel gesehen hätte, und urplötzlich den Anblick desselben in einer dunkeln Nacht in seiner ganzen Größe gewährt fände. Das todte furchtbare Element wird durch das Meeresleuchten zur belebten Flur, und unwillkürlich trägt die Phantasie, während die endlose Sternenwelt oben waltet, den Schiffenden in jene grundlosen Tiefen, aus denen täglich dies Feuer auf- und in die es scheinbar wieder untertaucht. Das Funkensprühen bei'm Schmieden des Eisens, das Brillantfeuer unserer Feuerwerke, womit Seefahrer die Erscheinung häufig vergleichen, geben ähnliche Eindrücke für's Auge; aber was sind diese momentanen Funken gegen das Feuerwerk der Meere, dessen Erscheinung einen um so tieferen Eindruck macht, je ausdauernder sie ist, und je mehr man sich allmälig überzeugt, daß jeder der Millionen in jeder Sekunde wechselnden Lichtpunkte die Willkür und Freiheit eines besonderen organischen Wesens bezeichnet!"

Man hat das Leuchten der See in allen Meeren, offenen wie eingeschlossenen, und in allen Breiten gesehen, doch scheint sich dieses Schauspiel am schönsten und häufigsten in den Meeren der Aequatorialzone zu zeigen. Es ist der Stärke und zuweilen der ganzen Art nach verschieden und erscheint überhaupt unter mannigfachen Gestalten. Bald erblickt man im dunkeln Meere das Kielwasser (die Furche, welche das Schiff zieht) mit glänzendem Feuerschein und die Ränder der Wellen, welche an das Schiff schlagen, durch funkensprühende Schaumlinien bezeichnet; anderemale dagegen sieht man, besonders während langer Windstille und bei heißem Wetter, ein weitverbreite-

tes, mehr oder minder starkes Leuchten, das überall, wo Bewegung Statt findet, eine größere Lebendigkeit erhält, meilenweit sieht alsdann der Seefahrer die umnachtete Fluth wie im Feuer stehen; oder endlich die Erscheinung gleicht dem Funkensprühen beim Schmieden, indem einzelne glänzende Punkte und leuchtende Kugeln durch das Wasser hin- und herfahren — alles prachtvolle Erscheinungen, die sich gerne, wenn auch nicht in der Regel, in stillen, warmen Nächten in ihrer ganzen Herrlichkeit und oft viele Tage lang an derselben Stelle zeigen. Einzelne Schilderungen dieses Phänomens von Reisenden, dem N. Gehler und Berghaus entnommen, werden ein einigermaßen anschauliches Bild gewähren. Nach Le Gentil stand einst in einer stürmischen Nacht das Meer im Kanal von Mozambique überall im Feuer. Das große Focksegel warf von diesem Leuchten einen Widerschein zurück, als wenn eine Menge Lampen dasselbe bestrahlten. Auf der Spitze des großen Mastes zeigte sich das St. Elmsfeuer und nach der Versicherung der Seeleute soll das Meer in dieser Gegend stets glühen, wie denn überhaupt das Leuchten im indischen Ozean sehr häufig ist. Da Le Gentil mit dem Vergrößerungsglas in dem geschöpften Wasser nichts entdeckte, was ihm als Ursache der Erscheinung gelten konnte, so hielt er das erzeugte Licht für elektrisch. Forster beschreibt das Leuchten der See, welches er einst am Kap d. g. Hoffnung zu beobachten Gelegenheit hatte, folgendermaßen: „Kaum war es dunkel geworden, sagt er, so schien die See überall gleichsam in Feuer zu stehen. Jede Welle, die sich brach, hatte einen leuchtenden Saum, und wo das Schiff die See berührte, zeigten sich Streifen von phosphorischem Lichte. So weit das Auge in die Ferne reichte, stellte sich uns überall dieselbe Erscheinung dar, und selbst die Abgründe des unermeßlichen Ozeans schienen mit Licht geschwängert. Große leuchtende Körper, die wir aus der Gestalt für Fische erkannten, schwammen um uns her, einige näherten sich dem Schiffe und hielten denselben Strich, andere entfernten sich seitwärts schnell wie Blitze. Zuweilen näherten sie sich unter einander, und traf sich's, daß ein kleiner einem großen zu nahe kam, so kehrte jener eilends zurück und suchte auf alle Art zu entkommen." Forster ließ einen Eimer voll dieses leuchtenden Wassers heraufziehen und fand darin unzählige ganz kleine leuchtende Kügelchen, die sich unglaublich schnell bewegten, sich aber merklich an Zahl zu verringern schienen, als das Wasser eine Zeit lang ruhig gestanden hatte; wurde das Wasser aber wieder bewegt, so ward es wieder hell und die kleinen Funken fuhren darin sehr lebhaft in allen Richtungen umher, und zeigten unwidersprechlich eine willkürliche Bewegung. Das Mikroskop gab dieselben als gallertartige durchsichtige Körper von kugelförmiger Gestalt und etwas bräunlicher Farbe zu erkennen; eine sehr feine Röhre ging von einer runden Mündung an der Haut in's Innere dieses kugelrunden Geschöpfes, dessen Eingeweide aus vier bis fünf ganz kleinen Säcken bestand, welche mit der eben genannten Röhre in Verbindung zu

stehen schienen. Wenn Forster mit der Hand im Eimer rührte, so blieb bisweilen ein solches phosphorisches Fünkchen am Finger sitzen, kaum von der Größe des kleinsten Nadelknopfes; wegen ihrer äußerst zarten Struktur starben aber die Thierchen gewöhnlich, ehe sie vom Finger gelöst werden konnten. Ueberall also sehen wir das Meer mit Myriaden kleiner Stäubchen des kleinsten Lebens angefüllt, ähnlich denen, die wir im grönländischen Meere angetroffen haben, und „gewiß, schließt Forster seine Beschreibung, der Anblick des unermeßlichen Weltmeeres mit einer zahllosen Menge von Wesen erfüllt, denen der Schöpfer Leben, Bewegung und Wanderungskraft, nebst dem Vermögen ertheilt, im Finstern entweder zu leuchten, oder ihr Licht nach Willkür zurückzuhalten, und alle Körper, die sie berühren, zu erleuchten, — solcher Anblick muß mehr Erstaunen und Ehrfurcht erwecken, als ich zu beschreiben vermag." Zur Nachtzeit hat das Leuchten in den Furchen der Schiffe die Gestalt glänzender Sterne oder runder Massen von grüner Farbe, die oft 8 Zoll Durchmesser haben. Sie schwimmen neben dem Schiffe in jedem Theile des Wassers, den der Boden desselben berührt hat, bis an den untersten Rand des Kieles und bilden hinter demselben einen langen feurigen Streif. Von überraschender Schönheit ist, nach Humboldt, das Leuchten, wenn ein Schiff das Meer durchschneidet und die Wogen des Wassers vom Kiele aufwärts sich mit einem Lichtglanze bis zur Oberfläche erheben. Zu anderen Zeiten, wenn die See hoch geht, wenn die Wogen sich brechen und schäumen, gleicht das Licht auflodernden Feuer, soweit das Auge nur reicht, und das Schiff scheint über Wogen flüssigen Feuers hinzufahren. Ist der Himmel trübe, so bildet der Glanz des Wassers oft einen furchtbaren Kontrast mit der schwarzen Wölbung über demselben. Kalm sah die Nordsee stark leuchten, und der Lichtglanz theilte sich nicht blos dem Verdecke des Schiffes, sondern auch einem Theile seines eigenen Körpers mit, als eine Welle herüberschlug. Auch die Ostsee leuchtet, ob aber das Meer unter hohen Breiten, namentlich das grönländische, gleichfalls leuchte, darüber wagt Scoresby nicht zu entscheiden, weil er niemals zu einer Zeit dort war, wenn die Sonne unter den Horizont ging; jedoch hält er es für sehr wahrscheinlich, da die Thierchen, die den Lichtschein geben, sich dort in so großer Menge befinden, daß sie dem Wasser eine bräunlich grüne Farbe geben. Die Beobachtung lehrt zudem, daß Wasser, welches stark geleuchtet hat, am Tage trübe erscheint und Myriaden von halbkugelförmigen Körpern zeigt, die zum Geschlecht der Medusen gehören. Das Phosphoresciren dieser Thierchen scheint durch Reibung erhöht zu werden, so daß schnell schwimmende Fische auf gleiche Weise als die Schiffe eine leuchtende Furche erzeugen, die sich alsdann nicht auf, sondern unter der Oberfläche zeigt. Im indischen Ozean wurde von verschiedenen Seefahrern bei bedecktem Himmel und finsterer See dieselbe ringsumher gleichmäßig weiß und gleichsam flammend erblickt, ohne die ein-

zelnen Lichtpunkte und Lichtstreifen, die sonst bei'm Leuchten des Meeres beobachtet werden. Dieses Phänomen, wobei das Meer das Ansehen einer beschneiten Oberfläche annimmt, dauert nur etwa 10 Minuten, und soll in der Gegend der Molukken häufig vorkommen. Auch von diesem weißen oder milchigen Scheine der See sind kleine Thierchen die Ursache, von der Gestalt leuchtender Kugeln und der Größe eines Stecknadelknopfes, welche an einander hängend Ketten von höchstens drei Zoll Länge bilden, und beim Lichte so durchscheinend sind, daß man sie nicht erkennt. Wenn deßhalb der Mond auf den durch diese Thierchen erzeugten milchigen Schein der See sein Licht ausgießt, so nimmt diese wieder ihre gewöhnliche dunkle Farbe an. Ich schließe die Reihe dieser Beispiele für das Meeresleuchten mit einem der auffallendsten aus dem im J. 1830 veröffentlichten Berichte des englischen Kapitäns Bonnycastle, der das Phänomen in der St. Lorenzbai beobachtete. Bonnycastle wurde vom Unterschiffer Morgens um 2 Uhr geweckt wegen einer ungewöhnlichen Erscheinung, die sich unter dem Winde zeige (zwischen sich und dem Orte, wo der Wind herkommt). Die Nacht war sternhell, doch plötzlich wurde der Himmel in der Richtung nach dem Hochland von Cornwallis mit Wolken bezogen und ein rasches, augenblickliches und erstaunlich glänzendes Licht, einem Nordlichte ähnlich, schoß aus dem bisher dunkeln und schwarzen Meere an der Leeseite (auf welche der Wind hinweht) auf, von solcher Lebhaftigkeit, daß es jeden Gegenstand, selbst bis zur Spitze des Mastes, erleuchtete. Das Licht breitete sich dann über die ganze See zwischen beiden Ufern aus, und die Wellen, vorher ruhig, begannen in Bewegung zu kommen. Die Scene wird als eine lodernde Flamme eines furchtbaren und äußerst glänzenden Lichtes beschrieben. Eine lange, lebhafte Lichtlinie, glänzender als die vom Schiffe entfernteren Stellen, ließ die Basis des seitwärts liegenden, unfreundlichen und schwarzen Landes erkennen, die Luft wurde düsterer und außerordentlich dunkel. Lange gewundene Lichtlinien zeigten auf der Landseite eine außerordentliche Menge großer Fische umherschießend, als wären sie bestürzt über das ungewöhnliche Schauspiel. Der Bogspriet und der Hintermast waren vom Widerschein so erhellt, als ob Gaslichter gerade unter ihnen brennten, und bis vor Tagesanbruch um 4 Uhr waren die kleinsten Gegenstände an einer Uhr deutlich zu erkennen. Der Tag brach langsam an, die Sonne ging feurig auf und später erfolgte Regen. Ein Eimer Wasser, den man während der Dunkelheit heraufgeholt hatte, zeigte mit der Hand umgerührt eine zusammenhängende Feuermasse, nicht einzelne Funken, wie sonst gewöhnlich, sondern ein wirkliches Glühen, und ein Theil desselben, in einem Kruge aufbewahrt, behielt seine leuchtende Kraft sieben Nächte hindurch. In der dritten Nacht später erschien das Leuchten der See abermals vorzüglich lebhaft und wurde noch schöner durch ein vom Hintertheile des Schiffes aus nachgezogenes Seil. An diesem Tage zeigte die Sonne beim Untergehen ein

doppeltes Bild und wurde wenige Grade vom Horizonte in einen langen Zylinder verwandelt; in der folgenden Nacht war das Leuchten der See eben so stark, als das erste Mal.

Daß das Leuchten des Meeres nach allen bisher angestellten und unter sich gut übereinstimmenden Untersuchungen, größtentheils wenigstens, von phosphorescirenden Thierchen herrühre, unterliegt keinem Zweifel. Die zahlreichsten und wichtigsten Untersuchungen über diesen Gegenstand hat in neuerer Zeit Tilesius angestellt, der mit Langsdorf und Horner Krusenstern auf seiner Entdeckungsreise begleitete. Die genannten Naturforscher beschränkten sich nicht auf bloße Betrachtung des Phänomens, sondern sie schöpften von dem leuchtenden Wasser und seihten es durch doppelte Leinwand, wobei sich dann ergab, daß das durchgelaufene Wasser den Lichtschein verloren hatte, während die auf dem Filtrum zurückgebliebenen Thierchen ihre Leuchtkraft beibehielten. Die auf diese Weise in verschiedenen Meeren gefundenen Thiere untersuchte Tilesius rücksichtlich der Art, Stärke und Dauer ihrer Leuchtkraft auf verschiedene Weise und erforschte ihre physische Beschaffenheit mittelst des Mikroskops. Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß das Leuchten der See am schönsten und vollständigsten in den tropischen Meeren, mangelhafter dagegen und nicht so vollständig in den Meeren höherer Breiten ist. Nach der Ansicht von Tilesius sollen aber nur lebende Thierchen und die lebenden, frei im Meere umhertreibendeu Eierstöcke (Pyrosomen) der Salpen leuchten. Die Zahl dieser Thierchen ist Legion, und sie gehören, so viel man bis jetzt weiß, entweder den Mollusken, oder Crustaceen, oder den Infusorien an, und alle, von den größeren bis zu den kleineren mikroskopischen herab, leuchten auf eine eigenthümliche Weise, wie ihre Gestalt, verschiedene Organisation und Respirationsorgane, die das Licht auszuhauchen scheinen, es mit sich bringen. Das Licht der Pyrosomen ist feurig und flimmernd, das der kleinen mikroskopischen Krebschen sprühend, wie Funken einer Schmiedesse, das der Salpen wie lange feurige Fäden, das der Medusen matter; Infusorien, welche aus faulenden Vegetabilien erzeugt werden, leuchten mit einem matten Lichte. Auch wenn das Meer als eine zusammenhängende leuchtende Masse erschien, waren mikroskopische Meerinsekten und Mollusken größtentheils die Ursache des Leuchtens, indem die Millionen leuchtender Punkte dem unbewaffneten Auge als eine zusammenhängende Fläche erscheinen. Sehr wahrscheinlich ist auch bei dem Phänomen, das Bonnycastle beschrieb, die Phosphorescenz dieser Thierchen die Hauptursache gewesen, weil sonst das geschöpfte Wasser im Eimer den Lichtschein nicht hätte in solcher Stärke zeigen und so lange beibehalten können, und das plötzliche Eintreten des starken Lichtglanzes erklärt sich wol aus dem Emporkommen der leuchtenden Thierchen aus der Tiefe. Daß diese Thierchen nicht sowol in Ruhe, als vielmehr bei der Bewegung leuchten und daß der Lichtschein durch die Be-

wegung entweder bedingt, oder mindestens verstärkt wird, ist ein Umstand, der nicht zu übersehen ist. Uebrigens wenn Manche geneigt waren, die Erscheinung der Elektrizität zuzuschreiben, so ist zu bemerken, daß der Lichtschein, den die Elektrizität bewirkt, leicht zu unterscheiden ist von demjenigen dieser Thierchen, und daß sich das elektrische Licht nur in der Luft oder an den hervorragenden Gegenständen der Schiffe zeigt; bei der Berührung des Wassers breitet sich das elektrische Fluidum sofort über dessen Oberfläche aus und erlöscht. Wenn nun aber, nach diesen Untersuchungen, das Leuchten der See durch die Phosphorescenz dieser kleinen lebenden Thierchen erzeugt wird, so ist doch damit noch nicht gesagt, daß es allein und ausschließlich von ihnen herrühre, vielmehr werden von vielen Beobachtern noch andere Ursachen angeführt, welche dem Seewasser einen phosphorischen Schein ertheilen. Erstlich ist es sehr wahrscheinlich, daß die von den Millionen vorhandener leuchtender Thierchen, stetsfort absterbend, durch ihre Reste das Wasser schleimig machen, und daß dieser Schleim, in welchem sich die leuchtenden Thierchen meistens aufhalten und der vielleicht manchen derselben zur Entstehung, anderen zur Nahrung dient, gleichfalls ein matteres, aber immer wahrnehmbares phosphorescirendes Licht verbreite. Humboldt sagt ausdrücklich, daß das Leuchten der See nur zuweilen von phosphorescirenden Thierchen herrühre, denn in den meisten Fällen sei selbst mit Hülfe von Vergrößerungsgläsern in dem leuchtenden Wasser kein Thier zu entdecken, dennoch aber, wenn eine Welle einen harten Gegenstand treffe und dabei Schaum entstehe, oder wenn das Wasser stark bewegt werde, entstehe ein blitzähnliches Licht, welches ohne Zweifel von den Fibern todter Mollusken herrühre, deren es eine unendliche Menge in der Tiefe der See gibt. Ferner haben interessante Versuche gezeigt, daß ein großer Theil Seefische beim Uebergange zur Fäulniß nicht blos bedeutend phosphoresciren, sondern auch die Eigenschaft zu leuchten dem Wasser, worin sie sich befinden, und festen Körpern, die sie berühren, mitzutheilen pflegen. Auch Tilesius erwähnt, daß ein Stück Haifischfleisch, welches acht Stunden lang am Schiffe aufgehangen und dann Abends als Köder gebraucht wurde, bei angehender Fäulniß matt geleuchtet habe. Nach Anderen soll auch der Fischlaich leuchten, „und wenn, sagt Mädler, zehntausend Millionen Häringe (eine gar nicht übertriebene Zahl) ablaichen, so kann dadurch wol weit und breit das Meer in ein Leuchten versetzt werden.“ Endlich ist es sehr wahrscheinlich, daß die leuchtenden Thierchen durch eigene Witterungsverhältnisse an die Oberfläche gelockt werden, und daß das Leuchten stärker wird, wenn ein Gewitter oder Sturm im Anzuge oder bereits ausgebrochen ist, und dann ist gar wol möglich, daß die rothe Farbe der faulenden phosphorescirenden Substanzen durch elektrische Spannung verstärkt und glühender gemacht werden kann. Daß der Zustand und die Veränderungen der Atmosphäre bei solchen Phänomenen als mitwirkend zu betrachten seien,

scheint aus dem von Bonnycastle beschriebenen hervorzugehen, wenn auch das Bild, welches er gibt, mit etwas lebhaften Farben aufgetragen sein dürfte.

Daß eine eigenthümliche Art der Lichtentbindung, die Phosphorescenz, die wir auch bei Landthieren, bei faulem Holz u. s. w. wahrnehmen, die Ursache des Meerleuchtens sei, geht aus dem Obigen sattsam hervor, und die Beobachter sind darüber einig, daß diese Lichtentbindung durch jeden mechanischen Reiz, durch Stoßen, Schlagen und durch Bewegung, sowie auch durch chemische Reizmittel, auch wenn sie nicht vorhanden ist, durch die genannten Ursachen hervorgerufen werde. Ob sie aber bei den leuchtenden Thierchen in der Respiration und einer hiermit verbundenen Freiwerdung des Phosphorwasserstoffgases, oder im Gehirn, oder endlich in der Zirkulation des Blutes liege, alles dies sind bis zur Stunde bloße Vermuthungen, auf die sich also auch eine genügende Erklärung des merkwürdigen Phänomens keineswegs gründen läßt.

Bewegungen des Meeres.

1. Wellen und Wirbel.

§ 84. Eine ganz ebene Oberfläche des Wassers, wobei dieselbe in vollkommenem Gleichgewichte ist, gewahrt man nur in Buchten und umschlossenen Räumen, deßgleichen in seltenen Fällen und bei völliger Windstille auf offenem Meere; auf flachen und an steilen Küsten dagegen unterhält der stete Wechsel der Ebbe und Fluth eine unausgesetzte Bewegung. Eine Art der Störung im Gleichgewichte der Wasserfläche ist die Wellenbewegung, d. h. die wechselnde Erhebung und Senkung des Wassers, die, durch eine äußere Kraft bewirkt, nur dadurch entstehen kann, daß auf irgend eine Stelle der Wasserfläche ein ungleicher Druck ausgeübt wird, in Folge dessen nach dem Gesetze schwingender Pendel diese Bewegungen in gleichen Zeitintervallen sich wiederholen. Die äußere Kraft, durch welche diese pendelartigen Schwingungen erzeugt werden, ist der Wind, der in schiefer Richtung gegen die Wasserfläche stößt, eine partielle Strecke desselben niederdrückt und gleichzeitig durch die Adhäsion an die Wassertheilchen mit sich fortzureißen strebt. Die niedergedrückte Stelle hebt sich wieder, kommt hierdurch nach dem Gesetze der Trägheit über die anfängliche Ebene empor, erzeugt dadurch ein Sinken der sie begrenzenden Wassersäulen, und so folgen die wechselnden Oscillationen in regelmäßigen Zeitintervallen. Daraus erklärt sich die Erscheinung, wornach

die Wind- und Wetterseite in der Nähe des Ufers selbst beim Sturme eben ist, die Wellen von da an nach dem Verhältniß der Stärke des Windes zunehmen, bis sie in einer gewissen Entfernung vom Ufer ihre größte Höhe erreicht haben und diese selbst bis auf mehrere Seemeilen über den Bereich des Windes hinaus beibehalten. Die Anfangs erzeugten Wellen sind kleine kräuselnde Erhöhungen, theils weil nicht sogleich das Maximum der Schwingung eintreten kann, theils weil der Wind nicht mit größter Stärke beginnt; die Wellen werden aber bei fortdauerndem Winde und zunehmender Stärke immer höher, gleichwie ein Pendel stets größere Bogen beschreiben muß, wenn es wiederholt gestoßen wird. Sind dann die Wellen einmal erregt, so bringt es das Beharrungsvermögen mit sich, daß sie noch eine Zeitlang fortdauern, bis die Reibung der einzelnen Theilchen an einander, soweit diese bei flüssigen Körpern Statt finden kann, der Druck der Luft und sonstige Hindernisse der Bewegung den Zustand der Ruhe allmälig wieder herbeiführen. Scoresby ist der Ansicht, daß die feuchte Luft weniger Adhäsion zum Wasser habe als die trockene, daß daher bei ersterer die Wellen kleiner werden als bei letzterer, und ebenso soll nach der Meinung der meisten Seefahrer der Regen die Wellen niederhalten, so daß sie bei heftigem Winde minder hoch werden als bei schwächerem, aber trockenem.

Es hat den Anschein, als ob die Wellen eine horizontal fortschreitende Bewegung hätten, als ob sie aus fortfließendem Wasser beständen, allein in der That finden nur abwechselnde Hebungen und Senkungen Statt, wie man sich überzeugen kann, wenn man leichtere, auf der Oberfläche schwimmende Körper beobachtet, die zwar durch die Wellenbewegung wol gehoben werden und wieder sinken, die aber in Beziehung auf die horizontale Ebene ihren Ort nicht verändern, es sei denn, daß sie dem über die Oberfläche des Wassers hinstreichenden Winde eine Oberfläche darbieten, an welcher er sie fassen und vorwärtstreiben kann. Nur durch anhaltende Dauer der Wellen wird ein langsames Fortschreiten der oberen Wassermasse und also auch der darauf schwimmenden Körper erzeugt, welches von der Bewegung, die der Wind dem schwimmenden Körper mittheilt, zu unterscheiden ist. Hieraus erklärt sich auch, warum Flaschen, welche Seefahrer zuweilen mit eingeschlossenen Berichten auf die See zu werfen pflegen, so lange Zeit bedürfen, bis sie irgend eine Küste erreichen. Weil eine schon gebildete Welle durch ihren Druck das Entstehen einer neuen bewirkt, und diese wieder eine andere bildet u. s. f., so gewinnt eben dadurch die ganze Bewegung den Anschein einer fortschreitenden, und deßhalb redet man auch von einer Geschwindigkeit der Wellen, worunter die Zeit verstanden wird, welche die Erhöhung einer Welle bedarf, um scheinbar durch die nächst folgende Vertiefung zu einer abermaligen Erhöhung und so abwechselnd durch Wellenberge und Wellenthäler bis zu einer gewissen Entfernung zu gelangen.

Bevor wir zur Betrachtung der Höhe, Breite, Länge und Geschwindigkeit der Wellen übergehen, muß noch einiger anderer Verhältnisse gedacht werden. Wird auf die völlig ebene Oberfläche des ruhig stehenden Wassers ein schwerer Körper geworfen, der das Wasser trennt, so fließt dieses bekanntlich in den geöffneten Raum nach, und es bilden sich um denselben Wellen in konzentrischen, meistens um gleiche Abstände wachsenden Kreisen. Man sieht nun nicht selten bei schwachem Winde und über großen Wasserflächen kreisbogenförmige Wellen sich bewegen, deren Enden schwächer werden und zuletzt sich ganz verlaufen. Dies ist allemal der Fall, wenn ein einzelner Windstrom, in der Form eines Streifens, auf die Wasserfläche stößt, oder dieselbe an irgend einer Stelle von einem Drucke getroffen wird; es müssen sich um diesen Punkt aus dem gleichen Grunde, wie um die Stelle, wo der schwere Körper in's Wasser fällt, gekrümmte Wellen bilden, die sich von da über die Wasserfläche ausdehnen. Wäre der Wind stärker und die Wellen höher, so würden auch diese die Bogenform beibehalten, wenn nicht der Stoß des stärkeren Windes einseitig wirkte und das Wasser an einzelnen Stellen höher höbe. Wichtiger als diese Bogenform der Wellen ist das Durchkreuzen derselben, welches seine Ursache darin hat, daß der Wind seine Richtung meistens keine Minute lang beibehält und der Druck einer schon gebildeten Welle das Entstehen einer neuen bewirkt. Dadurch entstehen mehrere Wellenlinien, die sich unter einem gewissen Winkel schneiden, oder sich durchkreuzen, und an diesen Stellen ihre größte Höhe erreichen, aber wieder zerrinnen, wenn die vereinten Wellen sich wieder trennen. Wellen, die sich durchkreuzen, haben immer ein zerrissenes Aussehen; sonst ist ihre Gestalt ziemlich regelmäßig und sie müßten gleichförmig gekrümmte Erhebungen und Vertiefungen bilden, wenn sie lediglich nur durch die Oscillationen des Wassers entständen. Allein weil sie unter dem fortdauernden Einflusse des Windes stehen, so werden sie von demselben von hinten gedrückt, und wenn dann ihr Kopf hierdurch stärker vorwärts getrieben wird, so erhalten sie an der vorderen Seite eine einwärts gekrümmte Gestalt und ihre oberen Theile schlagen in einzelnen schäumenden Massen über; werden sie obendrein noch von Windstößen unter gewissen Winkeln getroffen, so sind die gekräuselten Kämme der Wellen, deren weiße Farbe mit der grünen des Wassers einen so schönen Kontrast bilden, die Wirkung beider vereinter Ursachen.

Die Wellen erreichen in eingeschlossenen Meeren, selbst im mittelländischen, nie die Höhe, wie auf offener See, hauptsächlich im großen Ozeane, denn ihre Größe hängt allgemein sowol von der Ausdehnung als von der Tiefe des Wassers ab, in welchem sie entstehen. Im mittelländischen Meere soll die Wellenhöhe, vom mittleren Spiegel an gemessen, nie über 8 Fuß betragen, dazu die Höhe des Wellenthals ebenfalls zu 8 Fuß gerechnet, gibt 16 Fuß absolute Höhe; in der Nordsee schätzte Muncke dieselbe bei einem starken

Sturme von der höchsten Höhe bis in die Tiefe zwischen zwei Wellen zu 12 Fuß, und glaubt nicht, daß sie in der Nacht bis zu 16 Fuß angewachsen sei. Im großen Ozean dagegen fand Horner die Wellenhöhe bei einem tüchtigen Sturm 25 par. Fuß, und schätzte sie bei einer anderen Gelegenheit, als ein Wasserberg das Schiff umzuwerfen drohte, zu 32 Fuß. Höher wird man also die Wellen auf dem offenen großen Ozean nicht annehmen dürfen, und wenn von 100 F. hohen Wellen die Rede ist, so sind dies Uebertreibungen, die keinen Glauben verdienen. Nach Scoresby erreichen gewöhnliche Wellen eine absolute Höhe von 12 Fuß, sich durchkreuzende dagegen werden viel höher. Einmal gebildete Wellen behalten ihre Größe bei, wenn der auf sie drückende Wind den hinteren Theil nur nicht mehr sinken läßt, als der vordere aufsteigt, also wenn dieser durch seinen Stoß den Abgang wieder ersetzt, welchen die Wellen-Oscillation durch die vorhandenen Hindernisse der Bewegung nothwendig erleiden muß, und die Wellen werden demnach abnehmen oder zunehmen, je nachdem diese Kraft geringer oder stärker ist. Offenbar muß die Wellenbewegung auf der Oberfläche auch nach der Tiefe hin wirken und dort das Meer aufwühlen, und es scheint außer Zweifel zu sein, daß das Wasser nicht nur bis zu 80 Fuß, sondern bis in noch beträchtlichere Tiefen in Bewegung gesetzt wird. Man hat nämlich beobachtet, daß die Wellen auf der großen Bank von Neufoundland bei einer Wassertiefe von 250 bis 300 F. keinen freien Spielraum mehr hatten, daß ferner große Wellen über Sandbänken und Felsen, die in großer Tiefe lagen, sich hoben. Solche Beobachtungen machen es wol im höchsten Grade wahrscheinlich, daß die Wellen dem Wasser eine bedeutend tiefgehende Bewegung mittheilen, welche wir als die Ursache der an vielen Stellen aufgewühlten und fortgestoßenen Massen von Sand am Boden des Meeres zu betrachten haben, aus welchem die Dünen an den Küsten entstehen. Wenn man übrigens aus der Angabe, daß die Perlenfischer in den südlichen Meeren ohne Bedenken ihrer Beschäftigung nachgehen, wenn kein Schiff auszulaufen wage, sich zu dem Schlusse berechtigt glaubte, daß in 90 Fuß Tiefe vollkommene Stille herrsche, und daran nicht unerbauliche, oder selbst sentimentale Betrachtungen knüpfte, so ist dagegen zu erinnern, daß die Perlenfischer nur bei ganz heiterem Wetter zu tauchen pflegen; daß also die Angabe als unbegründet erscheint.

Die Geschwindigkeit der Wellen, oder ihr scheinbares Fortschreiten, ist bei großen Wellen größer als bei kleinen, und es ist eine alte Erfahrung, daß die Wellen dem Winde voraus eilen. Oft nämlich setzen, nach den Berichten der Seefahrer, heftige Wellen die Schiffe in schwankende Bewegung, denen erst später der Sturm folgt, und den Küstenbewohnern ist dasselbe hinlänglich bekannt, wie z. B. namentlich in Triest, wo zuweilen das Wasser bis über das Niveau der Stadt steigt, ehe sich der Wind in der erforderlichen Stärke erhebt. Scoresby sah einst im Polarmeere zwei heftige Wellenzüge

von Norden und Süden, welche die in diesen Richtungen herrschenden Stürme zeigten, während am Orte, wo er war, leichte veränderliche Winde wehten. Die Schnelligkeit der Wellen mißt man, indem man ein Log *) auswirft, dieses in eine solche Entfernung vom Schiffe bringt, daß von der nämlichen Welle zuerst das Log, dann das Schiff gehoben wird, das Zeitintervall zwischen beiden Hebungen mißt und die bekannte Geschwindigkeit des Schiffes hinzuaddirt. Man kann im Mittel die Geschwindigkeit der Wellen zu 25 Seemeilen in einer Stunde annehmen, und da die Seemeile 5710 par. Fuß groß ist, so müßte der Wind, um den Wellen gleich zu kommen, fast 40 Fuß in 1 Sekunde zurücklegen. Im Vergleich mit der Geschwindigkeit eines mäßigen Windes von 15 Fuß schreiten also die Wellen 2⅔ Mal so geschwind fort. Auch einem Schiffe, das mit einem Passatwinde mit etwa 10 bis 11 Meilen Geschwindigkeit in 1 Stunde sich bewegt, laufen die Wellen weit vor. Ihre Geschwindigkeit wächst aber nicht nur mit ihrer Höhe, sondern auch mit ihrer Breite, und nimmt ab, wenn sie durch den Einfluß des minder tiefen Grundes in ihrer Bewegung gehindert werden. Denn da diese im Wasser bis zu bedeutenden Tiefen herabgeht, so muß sie nothwendig durch den Einfluß des Bodens bedingt sein, wenn sie diesen erreicht, und die nächste Folge hiervon ist, daß sie verzögert wird, weßwegen die Wellen in zunehmend tieferem Wasser eine bedeutend vermehrte Geschwindigkeit erhalten.

Die Breite der Wellen ist ungleich größer als ihre Höhe, und Muncke schätzt das Verhältniß wie 42,5 : 1. Wol zu merken ist aber, daß dieses Verhältniß nur für eine einzelne Welle Statt findet, indem die einander folgenden sich wechselseitig bedeutend verschmälern, weßwegen auch von den dem Ufer zuströmenden die vorderste Welle sich am stärksten in die Breite ausdehnt und zugleich so sehr verflacht, daß sie bald ganz sinkt. Das Verhältniß der Breite zur Höhe nimmt mit der Größe der Wellen ab, und man nimmt dasselbe für die mittleren bis zu den höchsten Meereswellen zu etwa 50 bis 20 an. Tiefe Meere haben lange, seichte aber kurze Wellen, ebenso wächst die Länge der Wellen, wenn sie sich frei ausdehnen können.

Die Natur der pendelartigen Schwingung der Wellen bringt es mit sich, daß dieselbe nicht sofort mit dem Winde aufhört, so wenig als ein Pendel

---

*) Das Log ist ein Werkzeug, womit man die Schnelligkeit des Laufes eines Schiffes messen und bestimmen kann. Es besteht aus einem Holze (wie ein Boot gestaltet), am Boden mit Blei ausgegossen, damit es aufrecht schwimmen kann; an diesem hängt eine lange dünne Schnur (Loglinie), auf einem beweglichen Haspel aufgewunden, welche durch kleine Knötchen in gewisse bezeichnete Längen eingetheilt ist. Es wird nun dasselbe auf's Meer geworfen, und nach dem Verhältnisse, in welchem sich das Schiff davon entfernt, wird nun auch die Schnelligkeit oder Langsamkeit angemerkt, mit welcher das Schiff forttreibt.

still steht, wenn der Stoß aufhört, sondern daß die Wellen noch eine Zeit lang mit gleicher, zuweilen sogar mit vermehrter Kraft toben, wenn der Wind in der Entfernung noch fortdauert. Die Wassermasse verweilt in diesem Falle oft noch Tage lang in den ihr mitgetheilten Schwankungen, und es finden außer den eigentlichen Wellen ausgedehnte Vertiefungen und ihnen korrespondirende Erhöhungen Statt, vermuthlich weil außer den gewöhnlichen Schwingungen noch andere ungleich breitere vorhanden sind. So entsteht ein unregelmäßiges heftiges Schaukeln, welches die Schiffer mit dem Namen der hohlen See belegen, und bei welcher die Kraft der Wellen durch die verschiedenartigen Schwingungen bedeutend vergrößert wird. Bis in's Unglaubliche aber wird ihre Gewalt gesteigert theils durch Verengerung des Raumes, den die Wellenlänge einzunehmen vermag, theils durch Hindernisse des Bodens, gegen welche die Wellen kämpfen. Wird nämlich die Welle in einen engeren Raum zusammengedrängt, so wird sie nothwendig höher, sowie sie umgekehrt sich verflacht, wenn sie sich in die Länge ausbreiten kann; wenn sich dann aber gleichzeitig der Boden, über welchen die zusammengeengte Welle fortschreitet, verflacht, so hindert dies ihren Fortgang, sie kann an ihrer vorderen Seite weniger aufsteigen, als sie an ihrer hinteren herabsinkt, wenn sie gleich anfangs höher gehoben wird, und sie muß daher allmälig abnehmen und sich endlich ganz verlieren. Befinden sich dagegen auf dem Boden steile Erhöhungen, Felsen mit abwechselnden Vertiefungen, so kann die vordere Welle nicht schnell genug fortschreiten, sie wird von der nachfolgenden ereilt, die Wellen stürzen über einander, thürmen sich auf, es entstehen Wasserwände (barres) und man erhält die sogenannte Brandung, welche an jedem felsigen Ufer entstehen muß. Je tiefer und ausgedehnter das Meer ist, desto größer sind die Wellen und ihre Geschwindigkeit, desto größer ist ihre Tiefe im Wasser und die Entfernung, bis auf welche die Oscillationen im Ganzen sich erstrecken, oder eine Welle der anderen folgt, und in gleichem Maße hiermit nimmt auch die Stärke der Brandung zu. „Kein Schiff kann der Gewalt des Wassers in diesen Brandungen widerstehen, und selbst die geübtesten Schwimmer vermögen nicht dagegen anzukämpfen, wenn sie nicht Geschicklichkeit genug besitzen, unterzutauchen und in dem tieferen, minder stark bewegten Wasser fortschwimmend sich den gefährlichen Stellen zu entwinden, was wol nur einige unter den wilden Stämmen, die als Küstenbewohner mit dem Meere innig vertraut sind, wagen dürfen. Kleine Schiffe werden durch die Gewalt der sich brechenden Wellen umgestürzt und in die Tiefe herabgedrückt, größere hierdurch zerbrochen, oder an den Felsen zerschellt und nur biegsame, den Wellen nachgebende Flöße und Rettungsboote von Kork, die nicht untergehen können, hat man in Vorschlag gebracht, um durch sie zu kommen. Sie sind vorzüglich stark an manchen Theilen der Westküste von Amerika, an den Küsten von Senegambien und im indischen Ozean,

namentlich bei Sumatra. An den Küsten dieser Insel ist die Brandung so unglaublich stark, daß man das Brausen mehrere Meilen weit hört, und es sind Fälle vorgekommen, daß Schiffe ganz umgekehrt wurden, indem die Spitzen der Masten im Sande steckten, ihr unteres Ende aber durch das Schiff getrieben war, ja sogar Stücke von Segeln fand man zusammengedreht und zerrissen.“ Wenn man die Kraft der Bewegung berücksichtigt, welche die Wellen bei ihrer außerordentlichen Masse und großen Geschwindigkeit besitzen müssen, so wird man den außerordentlichen Effekt erklärlich finden, welchen die in Flüsse und enge Kanäle zusammengedrängten Wellen hervorbringen, Erscheinungen, welche unter dem Namen Mascaret, Rastern, Pororoca u. s. w. bekannt sind, zwischen widerstehenden Felsen und Klippen aber, insbesondere an geneigten Felsenwänden werden die in einen engen Raum zusammengedrängten Wassermassen, durch stets nachfolgende Wellen getrieben, zu 100, selbst zu 200 Fuß emporgeschleudert. So hat man z. B. am Leuchtthurm von Eddistone wahrgenommen, daß das Wasser bis 100 Fuß hoch über denselben emporspritzte und also eine absolute Höhe von 180 Fuß erreichte. Abstrahiren wir aber auch von allen solchen Hindernissen der freien Wellenbewegung, so wird uns immerhin die Gewalt, welche die Wellen auszuüben vermögen, außerordentlich groß erscheinen müssen, wenn wir erstlich die Wassermasse bedenken, aus welcher eine Welle besteht, und zweitens deren Geschwindigkeit, welche ungefähr 40 Fuß in einer Sekunde beträgt. „Hieraus wird das knarrende Geräusch in den Schiffen erklärlich, welche aus dem gesundesten Holze mit unübertrefflicher Festigkeit zusammengefügt jeder Gewalt, um so mehr der des flüssigen Wassers, trotzen zu können scheinen und dennoch dem Stoße der Wellen bis zur wahrnehmbaren Aenderung ihrer Gestalt, bis mindestens zu einiger Biegung nachgeben. So geschah es auf Krusenstern's Reise, daß eine Welle, nachdem sich die Richtung des Sturmes plötzlich geändert hatte, die Planken der Cajüte zerschlug und einen Theil des Wassers in's Innere des Schiffes trieb. Ebenso wurde auch Otto v. Kotzebue, als er sich einst bei einem heftigen Sturme auf dem Verdecke befand, von einer ungeheuren Welle, deren Annäherung er mit Schrecken wahrnahm, betäubt niedergeworfen, so daß er einige Tage das Bett hüten mußte. Von den vier bei ihm befindlichen Matrosen wurde einer in die See geschleudert, ein anderer brach ein Bein und die beiden, welche das Steuerruder hielten, wurden stark beschädigt; das Steuerrad war zerschlagen und der Vordermast, ein Balken von zwei Fuß Durchmesser, fand sich zerschmettert. Bremontier legte einst acht Steine, deren Gewicht etwa 130 bis 12000 ℔ betrug, auf einen Damm, um die Gewalt zu erforschen, welche die Wellen bei wiederkehrender Fluth gegen sie auszuüben vermöchten; sie wurden aber insgesammt, einige bis 50 Fuß weit, fortgestoßen. Durch die gehörige Würdigung der hierbei thätigen Kraft wird dann auch erklärlich, wie die Meereswellen enorme Fels-

massen überbeugen, so daß sich Sand darunter anhäuft und sie zu wachsen scheinen, und wie sie Geschiebe von ungeheurem Gewicht aus dem Wasser auf das Land zu werfen vermögen. Häufig geschieht dieses an den brittischen Küsten, wo die Wächter auf den Leuchtthürmen sie Travellers nennen. Einer von diesen Steinen, welcher einst bei Bell-Rock Ligthouse an der Ostküste von Schottland an das Ufer geworfen wurde, hielt 30 Kubikfuß und wog mehr als zwei Tonnen, und bei Castle Stuart in Inverneß-Shire wurde einst ein ähnliches Geschiebe in einer Nacht 260 Yards weit fortgestoßen; am auffallendsten aber ist, daß einst der Leuchtthurm zu Eddystone, so sicher auch der kostbare Bau desselben sein sollte, vom Sturme gänzlich zerstört wurde, indem selbst das Fundament verschwunden war, und einige Glieder der zum Anhalten dienenden Kette sich so fest zwischen die gehobenen Felsen geklemmt fanden, daß sie mit Schießpulver herausgesprengt werden mußten." (Muncke).

Merkwürdig ist die schon den Alten bekannte Erscheinung, daß Oel die wellende See ebnet, und eine Menge von Thatsachen setzen sie außer allen Zweifel. So besänftigen die Austernfischer unweit Gibraltar die Bewegung des Meeres durch etwas ausgegossenes Oel, um besser unter dem Wasser sehen zu können; die Bermudier gießen Oel auf das unruhige Meer, um die Fische zu sehen, die sie fangen wollen; ein Schiffscapitän ließ einst während eines Sturmes wiederholt kleine Quantitäten Oel in's Meer gießen, wodurch er die Wellen besänftigte und sein Schiff vom Untergange rettete; ebenso besänftigen die Fischer im Texel das Wasser mit Oel, wenn sie Butten fangen wollen. Versuche mit verschiedenen Arten von Oel, die auf eine Wasserfläche ausgegossen wurden, ergaben alle das Resultat, daß sich das Oel mit großer Gewalt über die Wasserfläche ausbreitet, und selbst kleine Körperchen, die ihm im Wege stehen, fortstößt; zugleich zeigte sich dabei die zuerst von Franklin beobachtete Erscheinung, daß durch Bestreichung des einen Endes kleiner, leichter Körper mit Oel eine Umdrehung derselben auf dem Wasser bewirkt wird. Die Adhäsion des Oels zum Wasser wird von den Physikern als die wirkende Ursache sowol für die Verbreitung des Oels über die Wasserfläche, als auch für die Drehungen der kleinen Körperchen angesehen; damit ist aber das in Frage stehende Phänomen noch nicht erklärt; man weiß deßhalb noch nicht, wie es kommt, daß die gekräuselte Oberfläche des Meeres durch ausgegossenes Oel ruhiger und somit durchsichtiger wird, namentlich nicht, wie eine so geringe Quantität Flüssigkeit die unermeßliche Kraft der Wellen zu bändigen vermöge. Unter den verschiedenen Erklärungen dieses interessanten Phänomens wird folgender, die der Hauptsache nach mit der Ansicht des Aristoteles und Franklin übereinstimmt, der Vorzug gegeben. Dieselbe sucht die Ursache der Erscheinung theils in einer geringen Bindung der Oberfläche des Wassers durch das sich ausbreitende, zähere Oel, theils

und hauptsächlich in der glätteren Oberfläche, welche das Anhaften des Windes nicht gestattet, so daß er von der glatteren Wasserfläche abgleitet, mithin die kleineren kräuselnden Wellen, die auf jeden Fall die Wirkung des Ganzen verstärken, nicht erzeugen kann, und ebenso das Ueberschlagen der Kämme der großen Wellen hindert. Dazu mag dann noch kommen, daß der Wind durch sein Hinfahren über die Oberfläche mehr niederdrückt und besänftigt, als stets neu aufregt und durch stets erneuerten Impuls die Oscillationen des Wassers vermehrt.

Wirbel oder **Strudel** sind an allen ausgezackten Küsten mehr oder minder häufig, und sie entstehen, wenn Wellen oder Fluthwasser, welche zwischen Inseln und Kanälen zusammengedrängt sind, auf Felsenklippen unter dem Meeresspiegel oder sehr schmale Ausgänge stoßen und alsdann eine wirbelnde Strömung annehmen. Die vielfach zerrissene Küste von Norwegen mit ihren Inseln und Fiorden ist daher sehr reich an Wirbeln, deren ausgezeichnetester der **Mal-** oder **Moskön-Strom** im Lofodden-Archipel ist. Er ist 2 Meilen breit und 4 Meilen lang, und entsteht, weil eine dortige Strömung, welche nicht schnell genug zwischen zwei Inseln hindurchkam, der Bewegung der Ebbe und Fluth entgegengesetzt ist und dadurch in eine wirbelnde Bewegung versetzt wird, indem sie alle 12 Stunden in entgegengesetzter Richtung fließt. Gefährlich, groß und erschreckend im Anblick wird der Malstrom, wann der Nordwestwind dem Ausfallen der Ebbe entgegenbläst. Dann streiten Wellen mit Wellen, thürmen sich auf, dehnen sich in Wirbeln und ziehen Fische und Boote, die sich ihnen nähern, in den Abgrund hinunter. Aber im Sommer gibt es solche heftige Winde nicht, und der Strom ist dann wenig gefürchtet. Weit mehr gefürchtet ist der **Saltensstrom** am Ausgang des Saltens-Fiord, dessen Wasser sich in großen und mächtigen Wirbeln dreht und die zu nahe gekommenen Boote in die Tiefe reißt. Ein ähnlicher Fall, wie bei'm Malstrom, tritt auch um den Fels Stamböe-Mönch in den Faröer ein. Andere, durch das unaufhörliche Gegeneinandertreiben vor- und rückwärtsfließender Gewässer entstehende, schon bei den Alten berühmte Strudel sind der **chalcidische** zwischen Negroponte und dem Festlande von Griechenland, besonders aber der Strudel der **Scylla** und **Charybdis** in der Meerenge von Messina. Der letztere entsteht durch die abwechselnd nach Norden und Süden fließende Strömung, Rema genannt, und das Eindringen derselben in die Höhlen der felsigen Küsten von Calabrien und Sicilien. Die Strömung selbst ist ruhig; wird sie aber durch Windstöße gestört, so entsteht durch die Ungleichheit der beiden entgegenstehenden Meeresufer der Strudel. Die Scylla bildet einen steilen, mäßig hohen, mit Höhlungen versehenen Felsen, in welche die Wellen hineinschlagen, und dadurch ein auf 2 italienische Meilen hörbares Geheule, wie das Bellen der Hunde, verursachen. Die Charybdis, deren Schlünde unter dem Wasser Folgen, nicht

Ursachen der Strudel sind, liegt neun italienische Meilen unterwärts Messina; in ruhigen Zeiten läßt sie sich mit kleinen Booten befahren, nicht so bei Süd- oder Südostwind. Beide einst so gefürchtete, von den alten Dichtern als sehr gefährlich geschilderte Strudel haben zwar ihre Wichtigkeit verloren, entweder weil die Meerenge jetzt weiter ist und die Klippen mehr weggespült sind, oder, und dies ist das Wahrscheinlichere, weil die bedeutend vervollkommnete Schifffahrt diese Strudel jetzt minder gefährlich macht. Als Nelson im J. 1798 nach Abukir schiffte, segelte er mit seiner ganzen Flotte durch die sicilische Meerenge. Immerhin thut man aber, je nach Beschaffenheit des Windes, auch jetzt noch gut, wenn man sich der dortigen, mit der Strömung genau bekannten Lootsen bedient, welche die Schiffe mit bewunderswürdiger Geschicklichkeit durchbringen.

2. Ebbe und Fluth.

§ 85. Merkwürdiger, als die Wellenbewegung, ist diejenige Erscheinung, welche unter dem Namen von **Ebbe** und **Fluth** bekannt ist, und deren Wechsel auch wol **Gezeiten** heißt. Einem gleichförmig auf der ganzen Erde sich wirksam erweisenden allgemeinen Gesetze folgend, beruht sie, wie so manche andere, auf **kosmischen** Verhältnissen, mit denen wir schon in der mathematischen Geographie bekannt geworden sind. Die Ebbe und Fluth ist ein periodisches Steigen und Fallen des Meeres, das sich an den Küsten durch ein regelmäßiges und allmäliges Hin- und Herfließen des Wassers kund gibt, indem bei der Fluth (Hochmeer, Hochwasser, flux) das Wasser den Küsten zu-, bei der Ebbe (Tiefwasser, reflux) von denselben wegströmt, — ein Wechsel, den die Schiffahrer benutzen, um sich dem Lande zu näheren oder von demselben zu entfernen. Weil hierbei nicht das ganze Wasser gleichzeitig in Bewegung gesetzt wird, so folgen einige wellenartige Strömungen auf einander, und treiben, selbst bei entgegengesetztem Winde, der Küste zu, schlagen gegen die steilen Ufer, treiben auf die flachen höher hinauf und laufen wieder ab, wobei sie eine Menge Seegras und andere Substanzen auswerfen. Diese Bewegung erzeugt ein eigenthümliches, den Küstenbewohnern wohl bekanntes Brausen, welches von dem der Wellen sich unterscheiden läßt. Man sieht hieraus leicht, daß nicht jedes Steigen und Fallen des Meeres Ebbe und Fluth ist. Wenn z. B. heftige Winde das Wasser in einen Meerbusen treiben, so steigt es zwar auch, und es fällt, wenn ein starker Wind, der vom Lande herweht, den Stand des Wassers erniedrigt; allein dies ist nicht die Erscheinung, von welcher hier die Rede ist, diese läßt sich vielmehr sowol der Zeit, als auch annähernd der Quantität nach berechnen. Ebbe und Fluth nämlich wiederholen sich, insofern das ganze Phänomen sich in regelmäßiger Gestalt zeigt, binnen 24 Stunden etwa zweimal, was man ihre **tägliche** Periode nennt. Jeden folgenden Tag aber treten sie 49½ Minuten später ein, und kehren erst nach 29 Tagen 12 Stunden und 44 Minuten wieder auf die Zeit ihres ersten Anfangs zurück, um hierauf von Neuem diesen regelmäßigen

Lauf zu vollenden. Dies ist die sogen. monatliche Periode. Da nun der Mond von einem Meridiandurchgang zum anderen etwa 24 St. 50 Min. gebraucht, und sein synodischer Monat, d. h. seine Rückkehr zu derselben Konjunktion, ebenfalls genau der monatlichen Periode der Gezeiten gleich ist, da ferner die Fluth nach Maßgabe der Ab- und Zunahme des Mondes sich beschleunigt oder verzögert, um die Zeit der Voll- und Neumonde stärker ist als in den Quadraturen, stärker im Perigäum als im Apogäum, stärker, wenn der Mond in seinen Knoten steht, am stärksten endlich, wenn er zugleich in seinen Knoten und im Aequator steht, also um die Zeit der Nachtgleichen (siehe oben, § 27, was vom Monde gesagt); so ist es aus allen diesen Gründen sehr begreiflich, wenn schon längst vermuthet wurde, daß in der Anziehung des Mondes die Ursache von Ebbe und Fluth zu suchen sei. Eine dritte Periode endlich, die halbjährige, bestimmt durch starke Fluthen zur Zeit der Aequinoktien, berechtigte zu dem Schlusse, daß auch die Anziehung der Sonne hierbei wirksam sei. Newton zeigte zuerst die Nothwendigkeit einer solchen Wirkung beider Himmelskörper aus der Attraktionstheorie, und jetzt ist sie durch die genauesten und auf viele Tausende von Fluthbeobachtungen gegründete Untersuchungen unwidersprechlich bewiesen. Die allerdings mannigfaltigen Abweichungen von einem regelmäßigen Hergange der Gezeiten (bestimmt, wie wir nachher sehen werden, durch vorliegende Landmassen), hat Veranlassung zu Einwendungen gegen die Erklärung der Erscheinung aus der Attraktionstheorie gegeben, man wollte weit mehr an eigenthümliche rotirende Lebensbewegung der Erde und ihrer Flüssigkeiten, als an eine blos von Außen bestimmte Bewegung denken, man behauptete, der Erde könne gar wol eine der Respirationsbewegung der Thiere und des mit diesen Bewegungen verbundenen Ab- und Zuflusses der Säfte ähnliche Lebensregung zukommen u. dgl. m.; allein, sagt Mädler, „die Einwendungen gegen die Wirkung des Mondes auf Fluth und Ebbe beruhen auf einer ganz falschen Ansicht entweder des Phänomens selbst, oder der Art, wie die Anziehung wirkt. Es war eine Zeit lang ordentlich Mode geworden, die Einwirkung des Mondes auf Ebbe und Fluth und nebenher die ganze Newton'sche Theorie vornehm zu bespötteln; während Niemand eine auch nur halbwegs vernünftige Erklärung des Umstandes, daß sich Ebbe und Fluth nach den Mondphasen richten und durch den bekannten Mondslauf vorausbestimmen lassen, gegeben hat. Man gab uns nur schönklingende Worte von einem Erdeleben, einem Pulsiren ihrer Adern u. dgl., womit sich weder theoretisch noch praktisch Etwas anfangen ließ. Diese ephemeren Versuche, wissenschaftlich zu behandelnde Gegenstände aus dem Gebiete der Mathematik in das der Romantik hinüberzuziehen, sind stets nach sehr kurzer Zeit der wohlverdienten Vergessenheit übergeben worden."

Betrachten wir zuerst die Anziehung des Mondes, der seiner Nähe wegen stärker wirkt als die Sonne, so ist vor Allem klar, daß der feste

Erdkörper durch diese Anziehung seine Form nicht verändert, daß aber der Wasserkörper, dieser Anziehung gemäß, seine Form ändern kann. Denken wir uns der Einfachheit wegen, und um vorerst die Erscheinung der Ebbe und Fluth in ihrer ganzen Allgemeinheit aufzufassen, die Erde ganz mit Wasser umgeben so wird, Fig. 36, der Mond M den ihm nächsten Punkt c′ stärker anziehen als den Mittelpunkt c, und diesen abermals stärker als den entferntesten Punkt c″. Da nun das Wasser dieser Verschiedenheit der Anziehung nachgibt, so wird die unmittelbare Folge davon sein, daß die beiden Punkte c′ und c″ in eine größere Entfernung vom Mittelpunkte c zu stehen kommen; es erzeugt sich senkrecht unter dem Monde in c′ eine Erhebung des Wassers, eine Fluthwelle, und zwar nicht durch Emporsteigen, sondern durch Herbeiströmen von allen Seiten, und ebenso muß sich eine ähnliche Fluthwelle auf der entgegengesetzten Seite c″ bilden, wo die Anziehung geringer ist, wo sich also das Wasser ebenfalls weiter vom Mittelpunkte entfernt. Die Fluth mc′ heißt Zenithfluth, die in c″ Nadirfluth, beide Fluthwellen sind nahe gleich groß und müssen, wie aus der eigenen Bewegung des Mondes und der Erdrotation leicht zu ersehen ist, vom Ort ihrer Entstehung von Osten nach Westen wandern, da immer andere Punkte der Erdoberfläche an die Stelle von c′ und c″ treten. Man würde sich aber dieses Fortrücken der Fluth ganz irrig vorstellen, wenn man glaubte, die Wassermasse der Fluthwelle laufe in 24 Stunden 29½ Min. um die ganze Erde; es ist im Gegentheil, wie Mädler bemerkt, eine sich fortpflanzende Bewegung des gesammten Fluidums, ähnlich der Bewegung der gewöhnlichen Wellen, und sie ist sehr langsam, wenn nicht lokale Umstände, wie einzelne Meerbusen, Meeresarme, Strommündungen u. dgl., darauf einwirken. Mädler vergleicht sie mit einer Reihe von 10000 Kugeln, welche man um den Durchmesser einer Kugel fortschiebt, und wobei offenbar dasselbe Resultat erhalten wird, als wenn man die letzte Kugel allein mit einer 10000 Mal schnelleren Bewegung an das entgegengesetzte Ende gebracht hätte. Wenn nun aber in c′ und c″ Fluth ist, so muß dagegen gleichzeitig in den beiden, um 90° von c′ und c″ entfernten, Punkten a und b Ebbe sein, weil diese vom Monde ungefähr gleich stark angezogen werden, wie der Mittelpunkt c, und das Wasser in jenen Gegenden also einen Zug nach den beiden Punkten c′ und c″ empfinden wird. Aber auch die Punkte ab werden bei der Westostbewegung der rotirenden Erde und des Mondes Fluth, gleichzeitig c′ und c″ Ebbe haben, wenn jene nach 6 Stunden 12⅜ Minuten an die Stelle von c′ und c″, diese nach Verlauf der gleichen Zeit an die Stelle von b und a gelangt sind. So wird also eine bestimmte Stelle des Meeres, nachdem sie gestiegen oder gefluthet, wieder fallen oder ebben; jenes dauert etwa 3½, dieses gegen 9 Stunden, beide zusammen also durchschnittlich 12 Stunden 24¾ Minuten, genau die Hälfte der Zeit, welche der Mond von einem Meridiandurchgang zum andern gebraucht. Unter den Himmelskörpern

übt nun nicht nur der Mond, sondern auch die Sonne, wegen ihrer Größe, eine bemerkbare Anziehung auf den Wasserkörper der Erde aus, und die Wirkung beider ist nichts anderes, als was man in der Astronomie Störung nennt. Während sich die Anziehungen wie die Quadrate der Entfernungen umgekehrt verhalten, verhalten sich die störenden Wirkungen (die Differenzen der Anziehung) wie der Cubus ihres Abstandes umgekehrt uud direkt wie die störenden Massen. Diese Regel ist freilich nicht in aller Strenge gültig, kann aber nichts desto weniger zu einer allgemeinen Uebersicht dienen, wo es darauf ankommt, den Betrag einer Störung zu schätzen. Setzt man nun die Erdmasse = 1, so ist die Sonnenmasse = 354936 und die Mondmasse $\frac{1}{81,636}$, und da ferner die Sonne 400 Mal weiter von der Erde entfernt ist als der Mond (von beiden die mittlere Entfernung angenommen); so erhält man folgende Zahlen für die Anziehung von Sonne und Mond auf den Wasserkörper unserer Erde:

$$S : M = \frac{354936}{400^3} : \frac{1}{81,636} = 1 : 2,20875$$

oder die Wirkung der Sonne ist nicht völlig halb so stark als die des Mondes. Beide Fluthwellen fallen zusammen, wenn Erde, Mond und Sonne eine gerade Linie bilden, was genau genommen nur bei Finsternissen möglich ist, also wenn der Neu- und Vollmond in seinem Knoten steht, näherungsweise aber in jedem Neu- und Vollmonde (in den Syzygien) geschieht. Sie summiren sich alsdann und wir haben eine Fluth $S + M = 3,20875$ x (Springfluth, womit sich bei der konstanten Gesammtmasse des Wassers auch die tiefste Ebbe verbindet). Beim Neumonde, wenn Sonne und Mond zugleich kulminiren, wird die Fluth durch die Anziehung beider Körper in derselben Richtung verstärkt; beim Vollmonde, wenn Sonne und Mond sich diametral gegenüber stehen, verstärkt die Sonne die Mondsnadirfluth. Zur Zeit der Quadraturen dagegen, d. h. wenn Sonne und Mond rechtwinklicht zur Erde stehen, fällt die Mondfluth dahin, wo die Sonne ihre Ebbe bewirkt, beide Wirkungen schwächen sich und setzen sich negativ zusammen, die Fluth ist $M - S = 1,20875$ x (Nippfluth). Wenn die Fluth zur Zeit der Syzygien bei Brest um 18 Fuß steigt, so steigt sie dort zur Zeit der Mondsviertel nur um 9 Fuß, so groß ist der Unterschied.

Die Fluth ist ferner der Erfahrung nach größer, wenn der Mond in der Erdnähe steht, und es verhalten sich seine Fluthen in der Erdnähe (48000 Meilen) wie $48^3 : 55^3 = 1 : 1,505$. Dasselbe gilt auch von der Sonne. Endlich ist der Stand von Sonne und Mond von Einfluß, d. h. die Fluth wird größer oder kleiner sein, je kleiner oder größer ihre Deklination ist. Stehen sie z. B. im Aequator, so liegen die beiden Punkte c' und c'' beide im Aequator, sie haben denselben Rotationskreis, und der höchste Fluthpunkt steht nach 12 St. 24¾ Min. abermals im Aequator. Hat aber Sonne und Mond eine Deklination, so liegt der Punkt c' auf der Erdfläche in einer

dieser Deklination entsprechenden Breite, c'' dagegen auf der entgegengesetzten Halbkugel in ähnlicher Breite, und es kommen dann nach Ablauf einer Fluthperiode zwei andere Punkte an die Reihe, die höchsten Fluthen zu zeigen, die Bewegung des Wassers wird verwickelter, verschiedene Fluthwellen kreuzen einander, was eine Schwächung ihrer Intensität, eine Vertheilung ihrer Wirkung zur Folge hat.

„Hierdurch, sagt Mädler, dem ich im Obigen der Hauptsache nach absichtlich gefolgt bin, ist Alles vollständig erklärt, was sich einer aufmerksamen Beobachtung über dieses Phänomen und seine allgemeine Erscheinung darbietet, und die großartige Arbeit Laplace's, gegründet auf mehr als 6000 Fluthbeobachtungen zu Brest und l'Orient, hat uns die Theorie dieses Phänomens und seinen Zusammenhang mit dem Stande des Mondes und der Sonne so erschöpfend dargestellt, daß wir im Stande sein würden, Ebbe und Fluth auf Sekunden und auf einzelne Theile des Zolles vorauszuberechnen, wenn nicht Winde und andere der Rechnung sich entziehende Phänomene ihren Einfluß ebenfalls geltend machten. Gleichwol stimmen die Vorausberechnungen mit den wirklichen Beobachtungen besser, als man nach diesen störenden Umständen erwarten sollte."

Wie man durch diejenigen Orte, welche gleiche mittlere Jahreswärme haben, Linien zieht, welche dieselben verbinden, so lassen sich auch durch alle die Punkte des Ozeans Linien ziehen, welche zu gleicher Zeit Hochwasser haben, z. B. um 1 Uhr an einem gegebenen Tage. Man kann eine andere Linie durch alle die Punkte ziehen, welche Hochwasser um 2 Uhr an demselben Tage haben, und so weiter. Man nennt diese Linien Isorachien (Linien gleicher Fluth); sie fallen ungefähr mit den Meridianen zusammen und bewegen sich im Aequator mit einer Geschwindigkeit von etwa 218 geogr. Meilen von Osten nach Westen. Zählt man die Zeit von einem bestimmten Meridian aus, so läßt sich in Bezug auf diesen die Isorachie der I, II, III u. s. w. Stunde unterscheiden, d. h. die Linie, auf welcher die Fluth in den Syzygien 1, 2, 3 . . . Stunden nach dem Mittag des gewählten Meridians eintritt. Auf den Fluthwellenkarten sind daher die Isorachien mit römischen Zahlen bezeichnet. Man kann die Isorachie für irgend eine Stunde als den Repräsentanten des Gipfels oder Rückens der Fluthwelle dieser Zeit betrachten. Ein Zuschauer, der über der Erde schwebte, um den Scheitel der Welle wahrzunehmen, würde sie die Reise um die Erde im offenen Ozean ein Mal in 24 Stunden zurücklegen sehen, begleitet von einer anderen Welle, die 12 Stunden von ihr entfernt ist; zugleich würde er sehen, wie beide Wellen Zweige in die engeren Meere aussenden. Man sieht daher leicht, wie alle diese Bewegungen ganz so wie die Geschwindigkeit, mit welcher sie von Statten gehen, auf einer Karte isorachischer Linien angegeben werden können. Wir treffen übrigens bei den Fluthwellen auf eine Erscheinung, welche ähn-

lich ist einer anderen, mit der wir in der Meteorologie bekannt geworden sind. Wir haben dort gesehen, daß die größte Hitze des Tages erst zwei bis drei Stunden nach der Kulmination der Sonne eintritt, und daß ebenso die größte Wärme im Jahr nicht in den Juni, zur Zeit des höchsten Standes der Sonne, sondern erst in die Monate Juli oder August fällt; Phänomene, die durch den Widerstand erzeugt werden, den eine jede Bewegung in dem Zusammenhange findet, in welchem die Theilchen der Materie unter sich stehen. Offenbar aus derselben Ursache trifft auch die Fluth nie genau mit der Kulminationszeit des Mondes zusammen, sondern pflegt gewöhnlich einige Zeit später einzutreten. Der Grund ist kein anderer als der, daß das Wasser vermöge der Trägheit der Materie nicht augenblicklich den Einwirkungen der vermehrten oder verminderten Anziehung Folge zu leisten vermag, daß es vielmehr einer gewissen Zeit bedarf, um die bestimmte Höhe zu erreichen.

Bisher sind wir von der Annahme ausgegangen, daß die Erde ringsum mit Wasser bedeckt sei, und haben die sich aus dem Meere erhebenden Landmassen unberücksichtigt gelassen; es ist aber klar, daß Landmassen, welche in der Richtung der geographischen Breite eine bedeutende Ausdehnung haben, die Bewegung der Gezeiten hemmen, und zwar auf das Verhältniß der Fluthhöhen für verschiedene Mondpunkte und dergleichen keinen Einfluß ausüben, da jene Hemmungen selbst stets dieselben bleiben, daß sie aber allerdings die Gestaltung des Phänomens für verschiedene Erdgegenden bedeutend modifiziren müssen, indem offenbar die Bewegung der Isorachien verschieden wird von derjenigen, welche ihnen in einem ununterbrochenen Ozean eigen wäre. Whewell hat in einem ausführlichen Werke die geographische Fortpflanzung und Verbreitung der Fluthwellen, mit Berücksichtigung der Landmassen, dargestellt, und die Resultate seiner Untersuchungen sind im Wesentlichen folgende.

§. 86. Denken wir uns vorerst eine Landmasse in der Richtung von Norden nach Süden ausgebreitet, so ist klar, daß ihre Ostküste die Fortpflanzung der Fluthwelle unterbricht, die daher an der Westseite darum nicht länger fortrollen kann, weil der Zufluß von Wasser und Druck, den die von Osten herbeiströmende Fluthwelle erzeugt und von dem ihre fernere Bewegung gegen Westen abhängt, ganz abgeschnitten ist. Die Fluth auf der Westseite der Landmasse muß von dem aus Norden, Süden und Westen herbeikommenden Wasser und Druck hervorgebracht werden und ist von Gesetzen regulirt, die verschieden sind von denen, welchen die ursprüngliche oder ununterbrochene Fluthwelle unterworfen ist. Dasselbe läßt sich von den Fluthen derjenigen Meere sagen, deren Fläche vom Lande stark zerschnitten ist. Denken wir uns eine Fluth, die durchaus nicht von der unmittelbaren Wirkung der Sonne und des Mondes erregt, sondern ganz von der ursprüng-

lichen Fluth abgeleitet ist, nehmen wir ferner an, die südliche Hemisphäre sei ganz mit Wasser, die nördliche dagegen größtentheils mit Land bedeckt, und ein beträchtliches Binnenmeer erstrecke sich vom Aequator gegen den Pol; so wird in diesem Falle die Fluthwelle des südlichen Ozeans bei ihrem Vorübergange an der Mündung dieses Meeres eine Anfangs gegen Nordwesten abgelenkte Undulation aussenden, die dann weiterhin nordwärts in dem Meere vordringt, da sie gänzlich von der mechanischen Bewegung, vermöge deren sich Wellen in Flüssigkeiten fortpflanzen, getrieben wird. Wenn nun die Tiefe und andere Umstände, welche auf die Bewegung dieser abgelenkten Welle von Einfluß sein können, in den verschiedenen Theilen des Meeres gleich sind, so rollt die Welle in der Richtung fort, in welcher sie sich bald nach ihrer Absonderung von der ursprünglichen Welle bewegte, demnach, wenn der Eingang des Meeres schmal ist, in der Richtung der Längenausdehnung des Meeres. Diese Welle bringt die Fluth überall, wohin sie gelangt, und die so erzeugten Isorachien werden nahe senkrecht auf der Längenachse des Binnenmeeres stehen, Fig. 37. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Fluthwelle bewegt, wird von verschiedenen Umständen abhangen, hauptsächlich von der Tiefe und wahrscheinlich auch von der Regelmäßigkeit des Kanals. Ist die Tiefe nahe gleichförmig, so werden die isorachischen Linien fast gerade und parallel sein. Weil aber die Welle an den Küsten, wo das Wasser weniger tief ist, langsamer fortschreitet als auf offener See, so werden sich in diesen Gegenden die Wellenlinien rückwärts krümmen, eine konvexe Gestalt annehmen und die Isorachien den Linien I, II, III, IV, V, VI, VII die Figur 37 gleichen.

Wenden wir das Gesagte auf die wirkliche, von Kontinenten unterbrochene Wasserkugel der Erde an, so werden wir eine Fluthbewegung erhalten, welche mit derjenigen in dem angenommenen Falle übereinstimmt. Wir werden die Entstehung der ursprünglichen Fluthwelle in den fast eine volle Erdhalbkugel umfassenden großen Ozean setzen müssen, wo das Wasser, nicht gehindert durch die kleinen Inseln, am ehesten dem Impulse zu folgen vermag, den es durch Sonne und Mond erfährt. Zufolge der Rotation rückt diese Fluthwelle westlich fort, und während ihr südlicher Theil um die nach Süden vorspringende Landspitze von Neuholland in den indischen Ozean umbiegt, findet ihr nördlicher und mittlerer Theil an den Küsten von Asien und Neuholland Widerstand, ihre Fortpflanzung wird unterbrochen und in den vielen Kanälen des asiatischen Inselarchipels, namentlich in der Torresstraße, kann sie nicht so leicht wieder abfließen, die Isorachien fallen dichter zusammen, als im weiten Meere und die Fluth steht beträchtlich höher als am Ursprungsorte, wo sie kaum bemerkt wird und vom Seefahrer nicht berücksichtigt zu werden braucht. Derjenige Theil der Fluthwelle, welcher um Neuholland herumbiegt, stößt eine Verzweigung nordwärts in den indischen Ozean ab, bildet gegen die südasiatischen Gestade eine konvexe, gegen die afrikanische

Ostküste und die Insel Madagascar eine konkave Kurve, während ihr südlicher Theil um die Südspitze von Afrika herumbiegt. Da das Kap Hoorn zu weit vom Aequator entfernt liegt, als daß hier noch ein merklicher Theil der Fluthwelle herumzudringen vermöchte, so geht die Hauptmasse in den atlantischen Ozean, ähnlich wie in Figur 37, wendet sich aber, gemäß dem Parallelismus der Küsten dieses Meeres, zuerst nordwestlich, dann nördlich und zuletzt nordöstlich gegen die europäischen Gestade. Im nordatlantischen Ozean, wo sie von ihrem Ursprunge am weitesten entfernt und stark verspätet ist, erreicht sie an vielen Punkten weit größere Höhen als in den ihrem Ursprungsorte näher liegenden Gegenden. Man begreift leicht, daß sich die Fluthwelle im atlantischen Ozeane gegen Seitenkanäle, Meerbusen, Buchten und Baien, welche dem Eindringen der Fluth keine Hindernisse entgegensetzen, ebenso verzweigen muß, wie aus dem Südozean in den atlantischen. Es stelle Fig. 38 einen Theil des Binnenmeeres von Fig. 37 dar mit einer in die Ostküste eindringenden Bucht, so wird der nordwärts fortschreitende Wellenschlag, wenn er das südliche Vorgebirge m der Bucht erreicht, ebensowol östlich in die Bucht hinein als auch nordwärts fortgepflanzt, indem er nach allen Richtungen vom südlichen Kap m fortsetzt, bis er das Vorgebirge n erreicht, welches die nördliche Spitze der Bai bildet. Darauf trennt sich der Wellenschlag im Hauptmeere von dem in der Bucht, und jeder schreitet unabhängig vom anderen vor, und jede dieser Undulationen wird wiederum von der Form der Gestade und von anderen Umständen bedingt, auf dieselbe Weise, wie der Hauptwellenschlag. Offenbar müssen wir vom nördlichen Kap n der Bai längs der Küste, und zwar auf beiden Seiten der Bai, an Punkte gelangen, wo die Fluth später eintritt, als an jenem Vorgebirge; die Fluthwelle spaltet sich an diesem Punkte in zwei Wellen, und das Vorgebirg ist ein Divergenzpunkt von isorachischen Linien. Wenn p der äußerste Punkt ist, den die Fluthwelle erreicht, so wird auch die Fluth bei p später eintreffen als an der Küste zu beiden Seiten von p. Die Fluthwelle zieht längs der Küste von jeder Seite nach p, und p bildet einen isorachischen Konvergenzpunkt. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Wellenschläge fortschreiten, hängt von der Tiefe des Meeres und ohne Zweifel zum Theil von der Friktion und Unebenheit der Seiten und des Bodens des Grundbettes ab. Da nun in engen Meeren die Tiefe durchgängig geringer ist als im freien Ozean, und dort die Gestade in einem größeren Verhältniß zu den Gesammtkräften wirken als hier, die Fluthwellen also mehr Zeit gebrauchen, durch die Windungen und über die ungleichen Tiefen einer Bucht hindurchzukommen, so wird die Geschwindigkeit in engen Meeren und Busen geringer sein als im offenen Ozean, wie hierfür z. B. die mit dem atlantischen Ozean zusammenhängenden europäischen Kanäle und Busen den faktischen Beweis liefern. Dies ist der Grund, warum in solchen Gewässern die Isorachien dichter zusammen-

fallen als in weiten Meeren. Daß endlich Inseln, welche auf dem Raume liegen, über den die Fluthwelle fortrollt, ebenfalls auf die Gestalt der Isorachien einen Einfluß ausüben werden, ist nach dem Bisherigen unschwer einzusehen. Dies geschieht z. B. durch die Azoren mit der Isorachie der Isten Stunde im nordatlantischen Ozean, welche hinter ihren allgemeinen Lauf zurückgeworfen wird. Figur 39 dient dazu, uns den Vorgang hierbei im Allgemeinen zu verdeutlichen, wobei man sich nur zu merken hat, daß die Fluthwelle längs des Gestades langsamer fließt als im offenen Meere, und also vorwärts konvex wird. Die Linien der Isten und IIten Stunde werden gar nicht, oder doch nur sehr wenig von der Insel affizirt; die IIIte Stundenlinie wird zurückgehalten, sobald sie die Insel trifft, obschon sie in anderen Theilen des Ozeans diesen Platz bereits überschritten hat. Dasselbe gilt von der IVten Stundenlinie; da aber das Vorrücken größer ist, so werden die konvexen Theile an den beiden Enden der Insel einander zugewendet; in der Vten Stundenlinie berühren sich diese konvexen Theile und so kann man diese Linie als aus zwei Linien bestehend ansehen, welche sich in dem eben erwähnten Berührungspunkte treffen, indem die eine Linie zwei Enden an den Ufern der Insel hat, die andere aber quer über den Ozean läuft, den ununterbrochenen Linien gleich, aber mit einer Einbiegung gegen die Insel. Nach dieser Zeit erzeugen diese zwei Linien zwei abgesonderte Wellen, 6 und VI, von denen die erste eine rücklaufende Richtung nach der Insel nimmt, die letztere aber sich vorwärts bewegt und allmälig die Biegung ausgleicht, welche von der Insel erzeugt wird. Ist die Passage auf der einen Seite einer Insel breiter und tiefer als auf der anderen, so wird die Fluthwelle, welche in dem breiten Theile rascher fließt und sich stets auf der Seite ausdehnt, wo der Raum es gestattet, rund um die Insel gehen an ihrer offenen Seite, und auf der anderen Seite zurückkehren, in einer Richtung, welche der ursprünglichen entgegengesetzt ist. Dieser Fall tritt bei der Fluthwelle ein, welche auf die brittischen Inseln von Südwesten her trifft. Die Isorachie der Vten Stunde wird östlich in den englischen Kanal, nördlich in den irischen Kanal abgelenkt; im ersteren schreitet sie, durch die zerrissenen Uferstrecken vielfach modifizirt, bis zur Meerenge von Calais vor, im letzteren bis in die Gegend von Dundalk in Irland, wo ein Konvergenzpunkt liegen muß, indem nördlich von da die Isorachien von Norden herkommen, und sich also die Fluthen von Süden und Norden begegnen. Die von Norden herkommenden Fluthen sind diejenigen der VII und VIIIten Stundenlinie, welche um die Nordküsten Schottlands herumbiegen in die Nordsee und an den Ostküsten Schottlands und Englands bis gegen die Meerenge von Calais vordringen, ohne das Vorrücken des Fluthzweiges des englischen Kanals bis zur Mündung der Elbe zu hindern. Durch das gleichzeitige Eintreten beider Fluthen in die Meerenge wird zwar das Niveau an der englischen und französischen Küste bedeu-

tend erhöht, der Hafen von London hat demselben aber auch den großen Vortheil zu danken, daß die von Norden und Süden kommenden Schiffe gleichzeitig mit derselben Fluth in ihn einsegeln können.

Die Anziehung des Wassers einer ganzen Erdhalbkugel erzeugt, wie wir nunmehr wissen, die ursprüngliche Fluthwelle; die Fluthen aller anderen Meere sind abgeleitete. Die Höhe der Fluthwelle hängt ab theils von der Erhebung des Wassers, das zunächst die Fluthwelle bildet, theils von dem Drucke, den die gesammte übrige Wassermasse auf dieselbe ausübt. Daraus folgt, daß Meere, welche fast ganz von Küsten umgeben sind, oder mit dem Ozean nur durch einen schmalen Eingang kommuniziren, gar keine Fluth haben, wie z. B. die Ostsee und das schwarze Meer. Im mittelländischen Meer dagegen, obwol es eingeschlossen und schmal ist, findet eine den Mondbewegungen und Phasen folgende geringe Ebbe und Fluth Statt, deren Ablenkung sich auch im adriatischen Meere zeigt. Diese Anomalie kann nur daraus erklärt werden, daß es von Osten nach Westen, also in der Richtung des Parallels eine bedeutende Ausdehnung hat. Es ist ferner aus dem Bisherigen begreiflich, daß abgelenkte Fluthwellen an Höhe verlieren, was sie an Ausdehnung gewinnen, und umgekehrt an Höhe zunehmen, je mehr sie auf einen kleineren Raum eingeengt werden. Das auffallendste Beispiel hierfür gibt die Fundy-Bai an der östlichen Küste von Nordamerika, in welcher die Fluthen sehr hoch, vielleicht am höchsten in der ganzen Welt sind. An einigen Stellen steigen die Springfluthen 60 bis 70 Fuß senkrecht in die Höhe. Dies muß gewissermaßen dem Laufe der isorachischen Linien zugeschrieben werden. Die Fluth, welche um 7 h 42′ in Halifax ist, liegt auf der Isorachie von 11 h 56′, und diese Linie trifft die Küste von Nordamerika etwas südlich von Charleston. Die ganze Welle, welche von dieser Linie aus fortrollt, wird vom Gestade Nova Scotia's aus auf der einen, und von der nordamerikanischen Küste andrerseits gezwungen, in den Eingang der Fundy Bai zu konvergiren, und schwillt so zu einer ungewöhnlichen Höhe an. Treffen ferner an einem Punkte zwei abgelenkte Fluthen zusammen, die aus entgegengesetzten Weltgegenden herströmen, so wird durch die Vermischung von zwei solchen Wellenschlägen (Interferenz), je nachdem Fluth und Fluth, oder Fluth und Ebbe zusammentreffen, eine Verstärkung oder Unterdrückung des Hochwassers hervorgehen können. Da die Fluth, wie schon oben bemerkt, Zeit gebraucht, um durch die Windungen und über die ungleichen Tiefen der Buchten und Meeresarme hindurchzukommen, so tritt überall die Fluth später ein als der Meridiandurchgang des Mondes, und da, wo sie etwa gleichzeitig mit diesem eintritt, muß angenommen werden, daß die Verspätung eine oder mehrere volle Perioden begreife. Diese Verspätung ist aber für den gleichen Ort stets dieselbe und nur nach den Phasen des Mondes etwas veränderlich, und somit genau zu berechnen. Das Zeitintervall, welches von einer Kulmination des

Mondes bis zum Eintritt der Fluth an einem gegebenen Orte der Küste verfließt, heißt die Hafenzeit dieses Ortes (établissement du port) und ihre genaue Kenntniß ist für den Schiffer von höchster Wichtigkeit; weßhalb in allen Handbüchern zum Gebrauch der Seefahrer die Fluthen vorausberechnet und die Hafenzeiten angegeben sind. Man kann sich hierüber näher Folgendes bemerken. Die Zeit des Hochwassers folgt der Kulmination des Mondes nicht in gleichem Intervall während jeder Periode des Mondwechsels; das Intervall ist bisweilen größer, bisweilen kleiner als das, was mit dem Neu- und Vollmond korrespondirt und wird nach der Distanz des Mondes von der Sonne regulirt. Da ferner die Fluth, welche an die Gestade enger und langgestreckter Meere gelangt, nicht unmittelbar vom Monde hervorgebracht wird, sondern eine Ableitung der Fluth im offenen Ozean ist, so werden ihre Verhältnisse von denen der ursprünglichen Fluth geregelt, von der sie abstammt, und wie auch immer das Intervall sein möge, welches sie zur Uebertragung bedarf, so richtet sie sich doch immer nach der Lage, welche Sonne und Mond zu der Zeit hatten, als dieselben die ursprüngliche Fluth bestimmten. Nun aber kann diese Zeit einen, oder zwei, oder mehr Tage gewesen sein, bevor die Fluth den Ort erreicht, wo sie beobachtet wird. Daher regelt sich die Fluth an den Gestaden von Nordamerika und Spanien nach derjenigen Stellung der Sonne, die anderthalb Tage früher Statt fand; die Fluth im Hafen von London ist zwei und einen halben Tag alt, wenn sie anlangt. Das Alter der Fluth ist leicht zu bestimmen; denn da das Alter der ursprünglichen Fluth in irgend einem Theile des offenen Ozeans bekannt ist, so wird das Alter der von der Originalfluth abgeleiteten Fluth in jedem anderen Theil bekannt durch die Zahl der zwischenliegenden isorachischen Linien. Wenn mithin die Fluth an der Küste von Spanien anderthalb Tage alt ist, so muß sie an der Küste von Norfolk fast dritthalb Tage alt sein, weil nahe an 24stündige Isorachien in dem Zwischenraume liegen, wenn wir der See rund um die Nordspitze von Schottland folgen, welches der Lauf ist, auf dem die Fluth an die östliche Küste von England gelangt.

Wie die Fluthwelle in Buchten einbiegt, so dringt sie auch in große Flüsse ein; so in die Elbe, wo die Seeschiffe mit der Fluth bis nach Hamburg gelangen; in die Themse dringen hohe Fluthen bis nach London hinauf. Ist der Lauf eines Flusses der Richtung, in welcher die Fluthwelle sich bewegt, entgegengesetzt, so entstehen mächtige Fluthen. Im Maranhon, der mit Macht von Osten nach Westen fließt, entstehen gewaltige Fluthwellen, die bis zu 150 Meilen aufwärts von der Mündung die ganze ungeheure Breite des unübersehbaren Stromes einnehmen, und unter dem Namen Pororoca bekannt sind. Zur Zeit der Syzygien erreicht das Meer, statt etwa 6 Stunden zur Fluth zu gebrauchen, in wenig Minuten seinen höchsten Stand, und auf Entfernungen von einer bis zwei Lieues hört man ein schreckliches

Getöse. Je mehr sich die Welle nähert, desto stärker wird das Brausen, und bald erblickt man eine Wassermauer von 12 bis 15 Fuß Höhe, dann eine zweite, dann eine dritte, und zuweilen eine vierte, die rasch auf einander folgen. Die Welle stürzt mit reißender Geschwindigkeit landeinwärts und vernichtet Alles, was sie auf ihrem Wege findet. Die Erscheinung findet jedoch nur Statt, wenn die Welle, in einem engen Kanale aufwärts stürzend, auf ihrem Wege eine Bank oder eine Untiefe trifft, welche ihr ein Hinderniß entgegenstellt. Eine ähnliche Erscheinung, Bore genannt, zeigt sich im Hugly, der westlichen Strommündung des Ganges. Vom Mai bis zum Oktober, wenn der Ganges seinen hohen Wasserstand hat, herrscht der Bore häufig mehrere Tag lang zur Zeit, wenn die Fluth ihre größte Höhe erreicht. In kaum 4 Stunden erreicht er die Stadt Hugly, die gegen 18 geogr. Meilen oberhalb der Mündung liegt, und steigt auf den Sandbänken, welche längs der Flußufer sich ausbreiten, als eine Wassermauer vor 12 bis 15 Fuß senkrechter Höhe, rollt mit furchtbarem Getöse als Vorbote der Fluth im Strombette empor und reißt auf seinem Wege Alles, was sich ihm entgegenstellt, unwiderstehlich mit sich fort. Am Tage sieht man die Welle, die bis Calcutta gelangt, schon in großer Entfernung, und in der Nacht verkündet das Brausen der Fluthen ihre Annäherung. Das Mascaret ist eine ähnliche Erscheinung, nur viel kleiner und zeigt sich bei der Mündung der Dordogne in die Gironde, in welche zuweilen bei hoher Springfluth eine breite Welle mit großer Heftigkeit aufwärts strömt. Uebrigens nehmen alle Flüsse, in welche die Fluth eindringt, durch die Stauung des Wassers eine rückgängige Bewegung an, und fließen dann, wenn die Ebbe eintritt, mit vermehrter Schnelligkeit ab, — eine Erscheinung, die der Schifffahrt in doppelter Hinsicht von Nutzen ist, indem der Strom durch diese zweifache Bewegung tief erhalten wird, und dieselbe das Auf- und Abwärtssegeln begünstigt.

Weil die Fluthwelle gegen Westen wandert, so haben die Ostküsten der Kontinente bei Weitem stärkere Fluthen als die Westküsten; denn die Ostküste eines Kontinentes bildet gegen die wandernde Fluthwelle einen Damm, gegen welchen sie andrängt und länger daselbst verweilt, weil sie nur gegen Osten, also in einer ihrer im offenen Meere mitgetheilten Bewegung entgegengesetzten Bewegung abfließen kann, ein Verhältniß, das an den Westküsten gerade umgekehrt ist. Was übrigens die beobachteten Fluthhöhen betrifft, so ist im großen Ozean die Fluthhöhe auffallend gering; sie beträgt bei O'-Tahaiti nur 11 Zoll, bei den Sandwichinseln 2½ Fuß, steigt dagegen an der Ostküste von Asien auf 6 bis 12, an einigen Punkten der chinesischen Küste bis auf 18 Fuß. Im Golf von Martaban, zur Zeit der Syzygien, erhebt sie sich zur Höhe von 23 Fuß, auf der Rhede von Surate von 21 Fuß, und im Hintergrund des Golfs von Cambay sogar bis zu 30 und 36 Fuß. Diese hohen Fluthen sind offenbar die Wirkung von der Gestalt der dortigen

Meeresbecken. Aehnliche Verhältnisse treten uns im atlantischen Ozeane entgegen. Bei St. Helena beträgt die Fluthhöhe 3¼ Fuß, bei den kanarischen Inseln und den Azoren 5 bis 8 Fuß, in dem mit dem atlantischen Ozeane nur durch schmale Meeresarme in Verbindung stehenden mexicanischen Meerbusen ist sie nur 1 bis 1½ Fuß, dagegen in der Cheasapeak-Bai bei Annapolis 30 Fuß, und in der Fundy-Bai, wie schon oben bemerkt, 60 bis 70 F. Diese Differenzen in den Fluthhöhen wiederholen sich auch in den europäischen Meeren. Im mittelländischen Meere steigt die Fluth an den Küsten von Aegypten auf 1,08, an einzelnen Punkten des adriatischen Meeres auf 2½ Fuß; dagegen steigen an den gegen die Isorachien vorspringenden französischen und englischen Küsten bei Brest und Kap Lizard die Springfluthen auf 18 bis 19 Fuß, im Inneren des englischen Kanals bei den normannischen Inseln auf 32 bis 38 Fuß, bei St. Malo auf 46 Fuß, weiterhin aber an der franz. und der englischen Küste des Kanals nur auf 18 bis 20 Fuß. Im Hintergrund des Meerbusens von Bristol erreicht sie wieder 45 Fuß Höhe. Am Nordkap ist sie 7½ Fuß, bei Nowaja-Semlja 2 Fuß, und verschwindet dann im sibirischen Meere.

Zu den angeführten Anomalien der Fluth kommen endlich noch einige andere, welche hier erwähnt zu werden verdienen. Es ist an verschiedenen Orten von getrennten Beobachtern wahrgenommen worden, daß die Abendfluth höher ist als die Morgenfluth, während des einen Theiles des Jahres, und niedriger während des anderen Theils. Nach Newton erklärt sich diese Eigenthümlichkeit auf folgende Weise. Vom Frühlings- bis zum Herbstäquinoktium hat die Sonne nördliche Deklination, und da die Mondsbahn gegen die Sonnenbahn nie stark geneigt ist, so trifft eine vom Mittelpunkt der Erde nach dem Mond gezogene Linie die Erdoberfläche, auf der der Sonne zugewendeten Seite, in nördlicher Breite. Nun aber ist eine solche Linie die Achse des Fluthsphäroides, die Fluth stets unter dem Monde vorausgesetzt; und die Fluth, welche Statt findet, wenn der Mond im Meridian steht, ist höher, da der Ort den Scheiteln oder Punkten, wo diese Achse des Fluthsphäroides die Erdoberfläche trifft, näher liegt. In diesem Falle also werden die Fluthen, welche auf der der Sonne am nächsten stehenden Seite der Erde eintreten, für einen Ort in der nördlichen Hemisphäre größer sein, als die Fluthen auf der entgegengesetzten Seite. Aus demselben Grunde sind im Winter die Nachtfluthen am höchsten. Diese Erklärung Newtons bezieht sich auf die Voraussetzung, daß die Fluth Statt fand, wenn der Mond im Meridiane war. Whewell bemerkt dazu: „Wenn aber die Fluth 6 h nach der Kulmination des Mondes eintritt, wobei der Pol des Sphäroides auch dieselbe Deklination als der Mond hat, so wird der Pol, welcher dem Monde folgt, nördlich vom Aequator sein, von der Zeit an, wann der Mond 6 h westlich von der Sonne, bis zu der Zeit, wann er 6 h östlich von der Sonne

ist, d. h. von der Zeit, wann die Fluth Mittags, bis zu der Zeit, wann sie Mitternachts eintritt: hierauf geht der Mond südlich vom Aequator, die höchste Fluth ist dann die, welche ihm gegenüber steht, und diese ereignet sich wiederum zu Zeiten, welche allmälig von Mittag nach Mitternacht fortschreiten. Allein wenn die Fluth 18 h nach dem korrespondirenden Durchgang des Mondes eintritt, so ergibt sich aus ähnlichen Gründen, daß die untere Fluth von Mittag bis Mitternacht Statt finden wird, wenn die Sonne auf der Nordseite des Aequators ist, und so umgekehrt. Tritt die Fluth bei 30 h, oder 54 h nach der Kulmination ein, so wird die Erscheinung dieselbe sein, als wenn sie 6 h später erfolgt." Der letzte Fall scheint derjenige des Phänomens in Brest und Bristol zu sein; darum kann die Fluth an diesen Plätzen nicht 18 h, sondern muß entweder 6 h, oder 30 h, oder 54 h alt sein; sie ist gewiß älter als die erstere, und darum ihr Alter wahrscheinlich 30 h oder etwas mehr. — An einigen Orten ist nur Einmal innerhalb 24 Stunden Hochwasser. Die berühmtesten von diesen Fällen gewährt der Hafen von Tonkin in Hinterindien. Die Fluth steigt und fällt jeden Tag während ungefähr 12 Stunden. Das Steigen beginnt jeden folgenden Tag ungefähr drei Viertelstunden später, so daß in 15 Tagen die Zeit des Hochwassers z. B. von 1 h Nachmittags bis 12 h Mitternacht fortschreitet; nach diesem Zeitpunkt schreitet sie nicht bis 1 h Morgens vor, sondern fällt 13 Stunden bis 12 h Mittags zurück, und so immer fort. Auf diese Weise erfolgt das Hochwasser stets Nachmittags im Sommerhalbjahr, und Vormittags in der anderen Hälfte des Jahres. Um die Zeit, wann die Fluthzeit 13 Stunden zurückfällt, sind die Fluthen sehr klein und kaum bemerkbar; in den Zwischenzeiten sind sie am größten. Newton erklärt diese Erscheinungen durch die Voraussetzung, daß die Fluthen an diesem Platze aus zwei Fluthen beständen, welche auf verschiedenen Wegen anlangten, von denen der eine 6 Stunden länger sei als der andere. Wenn der Mond im Aequator steht, so sind die Morgen- und Abendfluthen einer jeden zusammengesetzten Fluth gleich, und die Fluthen heben sich einander durch Interferenz auf, was ungefähr um die Zeit der Aequinoktien Statt findet. Zu anderen Zeiten vermengen sich die höheren Fluthen eines jeden zusammengesetzten Paares zu einer Fluth, welche in der Zwischenzeit Statt findet, d. i. Ein Mal an einem Tage; und diese Zeit wird, je nach der Jahreszeit, nach oder vor Mittag sein. — An einigen Punkten endlich haben wir mehr als zwei Fluthen täglich. Poole in Dorsetshire ist ein Beispiel hierfür, wo die Gezeiten zwei Mal in 12 Stunden ebben und fluthen. Niedrigwasser ist es ungefähr um halb 4 Uhr; von da an fluthet es regelmäßig 5 Stunden und 20 Minuten und macht das eigentliche Hochwasser ungefähr 50 Minuten nach 8 Uhr. Dann ebbt es 1½ Stunden, und fluthet abermals 1½ Stunden, und dann ebbt es bis Niedrigwasser. Die zweite Fluth scheint von der eigenthümlichen Lage des Eingangs abzu-

hangen, denn da die Bai gegen Osten gerichtet ist, so fällt die Ebbe zwischen der Insel Wight und dem Hauptlande in die Bai, und nimmt ihren Weg in den Fluß, so daß das Wasser anderthalb Stunden steigt, während welcher Zeit das Wasser außerhalb der Barre, weil es unter das Niveau des Wassers innerhalb der Barre fällt, eine zweite Ebbe für eine Dauer von mehr als 3 Stunden, oder bis es Niedrigwasser ist, erzeugt.

Das Obige mag vollständig genügen, um die Erscheinung der Gezeiten sowol in ihrer Allgemeinheit, als in ihren wichtigeren Modifikationen und Einzelnheiten zu verdeutlichen, und der Leser wird daraus die Ueberzeugung gewinnen, daß der Impuls zu diesem Phänomen lediglich von Sonne und Mond ausgeht, weßhalb sich auch die Zeit des Eintritts der Fluth und Ebbe, für jeden Ort insbesondere, sowie näherungsweise die Höhe der Fluth, vorausbestimmen läßt.

3. Strömungen des Meeres.

§ 87. Die dritte Art der Bewegung des Meeres, außer den Wellen und der Ebbe und Fluth, geben die verschiedenen Strömungen, die sowol auf den Verkehr der Nationen, als auf die klimatischen Verhältnisse der Küsten einen wichtigen Einfluß ausüben, und welche, in Verbindung mit den beiden anderen Bewegungsarten des Meeres, es unmöglich machen, daß im weiten Ozean vielleicht auch nur eine Stelle in absoluter Ruhe sich befinde. Dies gilt wenigstens von der gesammten Oberfläche des Ozeans, die in steter Bewegung sein muß, einer Bewegung, welche dem Meerwasser unerläßlich ist, wenn es seine eigenthümliche Reinheit bewahren soll. „Die Strömungen, bemerkt Humboldt in Kosmos, bieten das merkwürdige Schauspiel dar, daß sie von bestimmter Breite in verschiedenen Richtungen das Meer flußartig durchkreuzen, während daß nahe Wasserschichten unbewegt gleichsam das Ufer bilden. Dieser Unterschied der bewegten und ruhenden Theile ist am auffallendsten, wo lange Schichten von fortgeführtem Seetang die Schätzung der Geschwindigkeit der Strömung erleichtern.“ Verschiedene Ursachen, von denen oft mehrere gemeinschaftlich auf denselben Effekt hinwirken, bedingen die Meeresströmungen. Diese Ursachen sind: die Rotation; die um die Erde fortschreitende Erscheinungszeit der Ebbe und Fluth, als Wirkung der Anziehung von Sonne und Mond; der Unterschied der Temperaturen und der damit zusammenhangenden größeren oder geringeren Verdunstung, sowie der durch die Ungleichheit der Wärme und des Salzgehaltes unter verschiedenen Breiten modifizirten Dichte und spezifischen Schwere der Wassertheilchen; das Schmelzen des Polareises; die Dauer und Stärke der herrschenden Winde; endlich die Variationen des Luftdruckes. Was die letzte der angeführten Ur-

sachen betrifft, so ist aus der Meteorologie bekannt, daß das Barometer an dem einen Orte steigen oder stehen bleiben kann, während es am anderen fällt, daß somit der Luftdruck an dem einen Orte stärker oder bleibend ist, während er sich am anderen geringer zeigt. Die Wasserfläche wird dieser Verschiedenheit des Luftdrucks nachgeben und sinken, wo das Barometer steigt, dagegen steigen, wo das Barometer fällt. Diese Bewegungen der Wasserfläche lassen sich im Allgemeinen aus dem Stand des Barometers berechnen; denn da das Quecksilber etwa 13 Mal schwerer als Meerwasser ist, so wird 1''' Sinken des Barometers ein Steigen des Wassers von 13''' zur Folge haben, und beträgt die Differenz 1 Zoll, so wird ein Steigen von mehr als 1 Fuß erfolgen. Erleiden daher z. B. die Gegengestade eines Binnenmeeres einen ungleichen Luftdruck, so wird das Wasser an der einen Küste steigen, während daß es an der anderen fällt, und die unausbleibliche Folge davon ist eine Strömung des Wassers gegen die Stelle, die einen niedrigeren Stand hat. Man hat beobachtet, daß in der Ostsee die aus dem ungleichen Luftdruck entspringenden Veränderungen im Steigen und Fallen des Wassers 4 bis 5 Fuß betragen, so daß die daraus entstehende Geschwindigkeit des Stromes in der Mitte dieses Meeres bisweilen ¼ bis ⅓ Meile in der Stunde, im Sunde und in den Belten 1 bis 1½ Meilen in der Stunde und darüber beträgt. Da der Spiegel der Ostsee höher steht als der der Nordsee, so läßt sich aus dieser Variation des Luftdrucks allein die merkwürdige Thatsache erklären, daß zuweilen das Wasser aus dem Kattegat in die Ostsee einströmt, so wie das der Ostsee in den bothnischen, finnischen und rigaischen Meerbusen. Winde, wie die Passate, die zwar schwach sind, aber kontinuirlich in einer ganzen Zone wehen, treiben theils durch Reibung, theils durch Stoß das Oberflächenwasser vor sich hin und verursachen eine langsame Bewegung, ein schwaches Treiben desselben, welches man, nach Rennel, Triftströmung heißt. Wenn ferner in einer großen Wassermasse die an der Oberfläche befindlichen Theilchen eine verschiedene spezif. Schwere erhalten, so bildet sich eine Oberflächenströmung, die gegen den Punkt gerichtet ist, wo das Wasser am kältesten ist, oder am meisten Kochsalz, schwefelsaure Kalkerde und andere Substanzen enthält. Daß endlich das Schmelzen des Polareises eine, wenigstens partielle Strömung an der Oberfläche des Meeres verursachen müsse, leuchtet von selbst ein, und den Effekt von den übrigen der oben genannten Ursachen in Beziehung auf Strömungen werden wir gleich nachher kennen lernen.

Man unterscheidet Oberströme, welche nur oberflächlich sind, wie die Driftströmungen, ganze Ströme, die oft so tief gehen, daß sie von Bänken, die 300 Fuß unter dem Meeresspiegel liegen, in ihrem Laufe abgelenkt werden, endlich Unterströme, die nur in den Tiefen des Meeres fließen. Man entdeckt die Strömungen durch den Einfluß, den sie auf die Schiffe

oder sonstige in sie kommende Körper ausüben. Unterströme sind jedoch nicht so leicht aufzufinden, wogegen es nicht schwer hält, ganze Ströme oder Oberströme durch das Forttreiben der Schiffe oder sonstiger auf ihnen schwimmender Körper zu messen und im seichten Wasser am leichtesten und sichersten dadurch, daß man einen schweren Körper auf den Boden hinabsenkt und die Zeit bestimmt, während welcher sich ein Boot eine gewisse Strecke von ihm entfernt. Um die Richtung und Geschwindigkeit der größeren, für die Schifffahrt bedeutenden Strömungen aufzufinden, wenn man kein Land sehen und das Schiff nicht vor Anker legen kann, pflegt man den Lauf des Schiffes aus der Beobachtung der Länge und Breite und nach der Schiffsrechnung zu bestimmen, deren Unterschied als eine Folge der Strömungen betrachtet wird. Die Breite der Strömungen ist sehr verschieden, von 70 bis 200 Meilen, und in die Länge können sie sich über ganze Meere, von Kontinent zu Kontinent, erstrecken, oder auch nur auf einzelne Stellen, auf Meerengen und Kanäle beschränkt sein. Drei Gesichtspunkte sind endlich bei den Strömungen noch vornämlich in's Auge zu fassen: 1) ihre Richtung nach Angabe der Weltgegend, wohin die Bewegung des Wassers geht, in Gemäßheit des bei den Schiffern eingeführten Sprachgebrauches, wonach der Wind nach derjenigen Weltgegend benannt wird, woher er kommt, das Wasser dagegen, wohin es fließt; 2) ihre Geschwindigkeit, oder die in Meilen ausgedrückte räumliche Bewegung des Wassers innerhalb eines gegebenen Zeitabschnitts, welche bisweilen die Geschwindigkeit der Hauptströme des festen Landes in dem gewöhnlichen Verhalten ihres Wasserstandes übertrifft; 3) die Temperatur, welche dem von den Strömungen herbeigeführten Wasser eigenthümlich ist. Die beiden ersten Gesichtspunkte haben besonders für die Nautik Wichtigkeit, während der letztere vorzugsweise ein physikalisches Interesse darbietet. Was insbesondere die Stromrichtungen betrifft, so erleiden dieselben nach der Stellung der Ozeane zu den Kontinenten und ihren Küsten, sowie durch meteorische Einflüsse so mannigfache Abänderungen, daß sie nur in wenigen Fällen scharf hervortreten.

§ 88. Unter allen die größte Meeresströmung ist die allgemeine westliche des ganzen Ozeans, deren nördliche und südliche Begrenzung mit den Polargrenzen des Passats zusammenfällt, und die von der Gegend, der sie angehört, Aequinoktialströmung heißt. Sie besteht darin, daß die Gewässer der großen Ozeane mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 3 bis 30 geogr. Meilen in einem Tage in der Richtung nach Westen fließen. Bevor wir nun ihren Lauf verfolgen, ist zu bemerken, daß ohne Zweifel dieselbe Regelmäßigkeit und Einfachheit, welche wir in den Strömungen der Atmosphäre angetroffen haben, sich uns auch in denjenigen des Meeres darstellen würde, wenn die Erdoberfläche nur mit Wasser bedeckt wäre, weil hier wie dort sich die gleichen Ursachen wirksam zeigen. Allein da die Erdoberfläche

aus Land und Wasser besteht, und das Land in eine endlose Mannigfaltigkeit von Formen und Stellungen zerlegt ist, so wird die Bewegung des Wassers, die im vorausgesetzten Falle eine gleichförmige und ununterbrochene sein würde, auf verschiedene Weise gebrochen, und die Strombewegungen werden um so verwickelter werden, je beschränkter der Raum ist, den das Becken eines Ozeans ihnen darbietet. — Wir finden an der peruanischen Küste eine Polarströmung, von hohen Breiten niederen zueilend, welche den Hauptbiegungen der dortigen Küste in der Richtung gegen NNW folgt. Diese Polarströmung hat an der Oberfläche eine geringe Schnelligkeit, eine größere in der Tiefe von 12 bis 15 Faden, und erscheint als eine von schmelzendem Eise und herrschenden Südsüdwestwinden getriebene Drift, die sich vom Südpole her, zwischen den Meridianen des Südkaps von Neuseeland und der Insel Pitcairn erst gegen NNO, dann gegen NO, endlich gegen ONO bewegt, zwischen Conception und Valparaiso an die Küste von Chili anprallt und sich dort theilt, so daß der eine Arm südlich gegen das Kap Hoorn, nördlich gegen die Küsten von Peru fließt. In einem Abstande von 22 Längengraden, unter dem 20° S. Br., wendet sich diese Polarströmung gegen Westen, um den Aequinoktialstrom des großen Ozeans zu bilden. Die Breite desselben beträgt 50 Grade, denn er strömt zwischen 26° S. Br. und 24° N. Br., und seine größte Geschwindigkeit ist 30 bis 35 Meilen täglich gefunden worden. Auf der Nordseite des Aequators reicht diese Strömung bis an die asiatischen Küsten, wo sie auf die Inseln Formosa und Luzon stößt; auf der Südseite der Linie aber, da wo sie die Inselreihe der neuen Hebriden trifft, wird sie von der Stellung dieser Inseln, in Verbindung mit den herrschenden Passaten, eine nordwestliche Richtung anzunehmen gezwungen, und geht dann später durch die Meerenge von Java, wo sie sich jedoch in der Regel nach den Winden richtet. Dasselbe ist der Fall im nordindischen Meere, wo der Wechsel der Monsune dieselbe bestimmt. Ebenso hängt die Strömung im persischen Golf und im rothen Meere ganz von der Dauer der periodischen Winde ab. Zur Zeit der Nordostmonsune setzt die Strömung gegen Südwesten nach dem Kanal von Mozambique fort, und trifft dort mit einer Westströmung aus dem indischen Ozean zusammen, die, gegen die afrikanische Küste treibend, von ihr abgestoßen und in den Kanal von Mozambique gelenkt wird, wodurch in demselben ein beständiger Südstrom entsteht. Diese Strömung, sowie eine andere, die unmittelbar aus dem hohen Meere herabzieht, vereinigen sich nahe am Rande der Nadelbank, und heißen dann Kapstrom (Lagullas current). Der Kapstrom wendet sich dann allmälig westlich, erhält aber seinen Weg von der Nadelbank angewiesen, obwol dieselbe an mehreren Stellen 120, 140 bis 173 Faden unter dem Niveau liegt. Um die Südspitze Afrikas herumbiegend, betritt er, als südatlantische Strömung, das große Thal zwischen der alten und neuen Welt. Von da läuft er parallel mit der Westküste Süd-

afrikas und erscheint an den Mündungen des Congo und Zahire als ein mächtiger und sehr ausgedehnter Strom, der sich den Inseln Annabon und St. Thomas im Guinea-Meerbusen gegenüber westwärts wendet und den Anfang der atlantischen Aequinoktialströmung bildet. Diese, indem sie beständigen Zufluß von der Driftströmung des südatlantischen Ozeans erhält, und ungefähr in der Mitte zwischen Afrika und Südamerika während des Sommers der nördlichen Hemisphäre eine ungeheure Breite hat, bewegt sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3 Meilen in 1 Stunde auf beiden Seiten des Aequators. Sie ist der mächtigste und ausgedehnteste unter allen Strömen des atlantischen Meeres, und ihr Wasser, weil es aus fernen und kälteren Breiten durch die Region des Südostpassats fließt, ist gewöhnlich 1° bis 1°,7 kälter als die Temperatur des Ozeans in dieser Gegend. Ungefähr unter dem 25° W. L. genau unter dem Aequator stößt dieser Strom einen sehr breiten Ast gegen Nordwesten aus, der nach der Mitte des nordatlantischen Ozeans ausfließt, während der Hauptstrom sich nach WSW wendet und dem brasilianischen Kap S. Roque zueilt, in dessen Nähe er sich gabelförmig spaltet. Der nördliche größere Gabelzweig passirt die Nordostküste Brasiliens, zieht, verstärkt von der rechten Seite durch den Zufluß, den ihm die Nordostpassate zuführen, nach Westindien und dringt durch die Kanäle der kleinen Antillen in das caraibische Meer. Sein Anprall an den Küsten Zentralamerika's bewirkt die außerordentliche Unruhe dieses Meeres, dessen Gesammtoberfläche hin und her fortgestoßen und fortgeschoben wird, und eine Rückströmung längs den Küsten Floridas nach Norden und Nordosten, den Golfstrom. Der südliche Gabelast zieht längs der Küste von Brasilien nach Süden und ist noch wahrnehmbar in der magellanischen Meerenge. So macht also die Aequinoktialströmung von den Westküsten Südamerikas bis zu den Ostküsten desselben Erdtheils die Runde um die Erde! Ihre Wasser werden zwar nach Richtungen geworfen, welche von der Stellung der Hindernisse, auf welche der Stoß erfolgt, nothwendigerweise bedingt sind; allein gerade dies bewirkt einen Austausch der Gewässer aus den entferntesten Gegenden der Ozeane und ist Ursache, daß die Wasser, welche ursprünglich die Küsten der Sunda-Inseln, vielleicht diejenigen von Peru bespülten, am Ende an die Gestade von Nordamerika und selbst Europa schlagen, wohin sie durch den Golfstrom geführt werden, und auf solche Weise die Temperatur einer Zone in die andere tragen.

Wenn wir nun nach den Ursachen der Aequatorialströmung fragen, so erhellt schon aus obiger Beschreibung ihres Laufes, daß den im atlantischen und stillen Ozean beständig wehenden, den im indischen Ozean periodisch wechselnden Passaten (den Monsunen) ein gewisser Einfluß auf dieselbe zugeschrieben werden muß. Da aber die Passate doch nur Translationsbewegungen des Wassers, d. i. Driftströmungen erzeugen können, so werden wir

uns zur Erklärung der Entstehung eines Meeresstromes von der Tiefe, wie sie die Aequinoktialströmung zeigt, nach anderen Ursachen umzusehen haben, welche eher vermögend sind, einen solchen ungeheuren Strom mit oft so bedeutender Geschwindigkeit mitten durch den Ozean zu führen und dazu beizutragen, ihn an den entgegenstehenden Küsten über beide Halbkugeln zu verbreiten. Als eine Hauptursache stellt sich uns vor Allem die um die Erde von Osten nach Westen fortschreitende Erscheinungszeit der Ebbe und Fluth dar, wie denn schon Christoph Columbus es für ausgemacht hielt, daß die Meerwasser sich von Osten gen Westen bewegen, wie der Himmel, d. i. wie die scheinbare Bewegung von Sonne, Mond und allen Gestirnen. Erinnern wir uns aus § 85, wie in Folge der Erdrotation und der eigenen Bewegung des Mondes stets andere Punkte des Meereswassers senkrecht unter den Mond zu stehen kommen, so werden sich uns hieraus nothwendig zwei Wirkungen ergeben. Erstlich muß das Wasser, indem die Fluthwelle in 24 St. 49½ Min. von Osten nach Westen um die Erde wandert und nach und nach in derselben Richtung immer andere Gegenden der Erdkugel trifft, durch die stets wirkende Kraft des Mondes nach dem Gesetze der Trägheit eine eigene Bewegung von Osten nach Westen, eine Fluthströmung, erhalten. Zweitens aber wird das Gewicht der Wassersäulen an den angezogenen Stellen unter dem Monde durch die Anziehung geringer werden, die hierdurch entstehende Umwandlung der Wasserkugel zur elliptischen Form muß sich auch nach den Polen hin erstrecken und der Druck der Wasser daselbst unter denjenigen Meridianen, unter denen die Fluth ihr Maximum erreicht hat, muß also zunehmen. Diese Wirkung der kosmischen Kraft der Anziehung wird unterstützt durch den Einfluß der Wärme, von der wir es schon längst wissen, daß sie bei allen Lebenserscheinungen des Erdkörpers eine Hauptrolle spielt. In den wärmeren Gegenden der Erde nämlich, oder in der äquatorischen Zone, ist die Verdunstung stärker als der Niederschlag, der erzeugte Wasserdampf fließt durch die oberen Luftströmungen nach den Polen hin ab und fällt zum großen Theil in den gemäßigten Zonen und den Polargegenden, wo der Niederschlag stärker als die Verdunstung ist, als Hydrometeore wieder herab. Auf diese Weise wird die Masse des Meerwassers in der äquatorischen Zone unausgesetzt vermindert, in den kälteren Gegenden dagegen vermehrt, und es folgt hieraus, wie aus der ersten Ursache, daß ein Strömen des Wassers von den Polen nach dem Aequator zu nothwendig erfolgen muß. Angenommen nun, die Erde hätte gar keine Umdrehung um ihre Achse, so würden wir in den großen, von Pol zu Pol sich erstreckenden Ozeanen eine wechselnde Strömung erhalten, einmal eine Polarströmung, indem das kältere Polarwasser größtentheils in der Tiefe von den Polen zum Aequator sich bewegte, sodann eine andere Strömung des wärmeren Wassers der tropischen Zone auf der Oberfläche nach den Polen hin, und beide Strömungen würden da, wo sich der

Einfluß der Kontinente nicht geltend machen könnte, nahezu in der Richtung der Meridiane fließen. Allein die Rotation der Erde ändert die Sache. Nehmen wir mit Muncke an, daß ein unter den Polen befindliches, an der Rotation der Erde nicht Theil nehmendes Wassertheilchen in einer verschwindend kleinen Zeit plötzlich unter den Aequator gelangte, so würden sich unter demselben die äußersten Punkte der Erde mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1400 Fuß in einer Sekunde von Westen nach Osten bewegen, oder wenn man diese Rotationsbewegung, wie wirklich der Fall ist, nicht wahrnähme, so würde es selbst mit einer gleichen Geschwindigkeit sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen scheinen. Oder denken wir uns mit Mädler, ein Wassertheilchen unter der nördlichen Breite b, für welches die Rotationsgeschwindigkeit = m cos. b ist, befinde sich in einer nach Süden gerichteten Bewegung, so wird es nach einer gewissen Zeit die Breite b' erreichen, welche kleiner als b ist, und hier wird es die größere Rotationsgeschwindigkeit = m cos. b' antreffen. Da es aber ursprünglich nur an der Bewegung m cos. b Theil nahm, so wird es jetzt relativ mit einer Geschwindigkeit = m (cos. b' — cos. b) der Rotationsrichtung entgegen, also von Osten nach Westen zu laufen, und diese Geschwindigkeit mit seiner ursprünglichen von Norden nach Süden zusammengesetzt, werden seine Bewegung in eine südwestliche verwandeln. Es ist nun zwar nicht anzunehmen, daß hier der ganze Unterschied von cos. b' und cos. b in Rechnung komme, da das Wassertheilchen in Berührung mit anderen kommt, welche ursprünglich die größere Geschwindigkeit hatten, und durch Adhäsion an dieselben sowol in seiner Bewegung nach Westen, als in seinem Laufe aus höheren in niedere Breiten verzögert wird; allein ein Theil dieses Unterschiedes bleibt in jedem Falle wirksam und verändert die vom Nordpol herabkommende Strömung in eine südwestliche, die vom Südpol herkommende in eine nordwestliche, welche dann beide, je mehr sie sich dem Aequator nähern, in die westliche Richtung übergehen. So erklärt sich hieraus genügend, wie aus dem vereinten Einfluß von Ebbe und Fluth, der stärkeren Verdunstung unter dem Aequator und der Rotation der Erde in den Aequinoktialgegenden die allgemeine westliche Strömung der Meere entstehen müsse, analog der ähnlichen Bewegung in der Atmosphäre. Das Dasein der Polarströmung ist theoretisch nothwendig, weil sie durch die vorhandene Aequinoktialströmung hervorgerufen wird, und kündigt sich auch faktisch durch mehrere Erscheinungen an. So haben wir dieselbe schon in der Südpolströmung des großen Ozeans, welche in ihrem ferneren Verlauf an die Küsten von Peru trifft, angetroffen, ferner in dem jährlich süd- und südwestwärts treibenden Polareis des grönländischen Meeres und der Davisstraße, sowie in dem nordwärts gegen niedrigere Breiten treibenden Eise des südlichen Polareises, und höchst wahrscheinlich ist auch die Kälte in größeren Tiefen bei den äquatorischen Meeren eine Folge des von den Polen aus dorthin strömenden kalten Wassers.

Außer dieser allgemeinen Westströmung gibt es noch andere schmale Ströme, wahre ozeanische Flüsse, welche die Weltmeere durchstreifen und warme Wasser in höhere, kalte in niedere Breiten führen. Ihre Zahl ist groß; es kann aber natürlich nicht erwartet werden, daß sie hier alle namhaft gemacht und ihrer Entstehung, sowie ihrem Laufe nachgegangen werde. Ich beschränke mich daher auf diejenigen des atlantischen Ozeans, dessen Strombewegungen durch seine eigenthümliche, thalähnliche Bildung mannigfache Veränderungen erleiden, und hebe unter diesen den für Europa wichtigsten, den Golfstrom, vorzüglich hervor, der im nordatlantischen Ozean seine warmen Wasser in höhere Breiten ausgießt. Man kann seinen ersten Anfang und Impuls südlich vom Vorgebirge der guten Hoffnung suchen, von wo er durch den südatlantischen Ozean in's Meer der Antillen und den mexikanischen Meerbusen gelangt. Dort beschreiben seine Wassermassen durch ihren Anprall an den dortigen Küsten einen Kreislauf und münden zuletzt als Rückströmung durch die Bahamastraße aus, folgen der Richtung der engen Straße zuerst gegen Osten, dann gegen Norden, und verbleiben in der letztgenannten Richtung, vom Stoß der nachdrängenden Wassermassen getrieben, bis zum Parallel von 31°, wo die nordamerikanische Küste gegen Nordosten biegt. Von hier an erweitert sich das Bett des Golfstromes zu einer außerordentlichen Breite, die allmälig bis auf 150 Meilen steigt. Sodann entfernt er sich immer mehr von der Küste der Vereinigten Staaten und wirft, bei der Bank von Neufoundland östlich abgelenkt, häufig tropische Samen an die Küsten Irlands, der Hebriden und Norwegens aus. „Seine nordöstliche Verlängerung, heißt es im Kosmos, trägt wohlthätig zu der minderen Kälte des Seewassers und des Klimas an dem nördlichsten Kap von Skandinavien bei. Wo der warme Golfstrom sich von der Bank von Neufoundland gegen Osten wendet, sendet er unweit der Azoren einen Arm gegen Süden. Dort liegt das Sargasso-Meer, die große Fucusbank, welche so lebhaft die Einbildungskraft von Christoph Columbus beschäftigte und welche Oviedo die Tangwiesen nennt. Eine Anzahl kleiner Seethiere bewohnen diese ewig grünenden, von lauen Lüften hin und herbewegten Massen von Fucus natans, einer der verbreitetsten unter den geselligen Pflanzen des Meeres.“ Sehr wahrscheinlich ist die von Norden kommende Guineaströmung, welche zwischen der Küste dieses Namens und der atlantischen Aequinoktialströmung ostwärts in die Buchten von Benin und Biafra zieht und sich bei den Inseln St. Thomas nnd Annobon mit dem südatlantischen Strome, dessen Temperatur niedriger als die ihrige ist, vermischt, eine Fortsetzung des Golfstroms, das letzte Glied des merkwürdigen Kreislaufes, welchen das Meerwasser in dem atlantischen Meeresbecken befolgt. Wenn übrigens hier die aus Norden kommende afrikanische Strömung als eine Fortsetzung des Golfstroms angesehen wird, so soll damit nicht geleugnet werden, daß nicht auch die nord-

atlantische Driftströmung, welche aus der arktischen Polarströmung entspringt und gegen die Küsten von Europa zieht, ihre Wasser mit denen der nordafrikanischen Strömung vermische, deren Fortsetzung Guineaströmung heißt. Gewiß ist es, wie uns Humboldt mittheilt, daß der Golfstrom dem Genie des Christoph Columbus sichere Anzeichen von dem Dasein westlich gelegener Länder gab. Zwei Leichname, deren Züge eine unbekannte Menschenrace verriethen, wurden gegen das Ende des 15ten Jahrhunderts an die Küste der Azoren geworfen, und fast um die nämliche Zeit sammelte der Schwager des Columbus, Gouverneur von Porto Santo, auf einem Strich dieser Insel Stücke von einem Bambus von ungeheurer Größe, welche die Strömungen und die Westwinde dahin gebracht hatten. Diese Leichname und diese Bambus erregten die Aufmerksamkeit des genuesischen Schiffahrers; er errieth, daß die einen und die andern von einem nach Westen gelegenen Kontinent herkamen. Und noch jetzt werden oft die Früchte mehrerer Bäume der Antillen an die Küsten der Inseln Ferro und Gomera geworfen, welche so nahe an den nordwestlichen Küsten Afrika's liegen. Solche Produkte der neuen Welt können in die alte offenbar nur in hohen Breiten und in der Richtung des Golfstromes gelangen. Um auf's Bestimmteste anschaulich zu machen, daß innerhalb des nordatlantischen Ozeans sich der Golfstrom als wirklicher Kreislauf umtreibt, stellt Humboldt an einer andern Stelle folgende Betrachtung an: „Vorausgesetzt, ein Theilchen Wasser komme an die nämliche Stelle zurück, von der es ausging, so kann man nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen über die Geschwindigkeit der Strömungen, die Schätzung machen, daß dieser Kreislauf von 3800 Meilen nur in 2 Jahren und 10 Monaten vollendet sein würde. Ein Schiff, das durch den Wind nicht bewegt würde, käme in 13 Monaten von den kanarischen Inseln an die Küste von Caracas. Es brauchte 10 Monate, um die Tour durch den ganzen mexikanischen Meerbusen zu machen, und an der Untiefe von la Tortue, gerade über von dem Hafen von Havanna anzukommen; aber 40 bis 50 Tage würden hinreichen, um es von dem Eingange der Meerenge von Florida an die Bank von Neufoundland zu führen. Es ist schwer, die Schnelligkeit der rückkehrenden Strömung von dieser Bank bis an die Küsten von Afrika zu bestimmen; wenn man die mittlere Geschwindigkeit des Wassers zu 7 bis 8 Meilen in 24 Stunden annimmt, findet man für diese letztere Entfernung 10 bis 11 Monate. Dies sind die Wirkungen dieser langsamen, aber regelmäßigen Bewegung, welche die Fluthen des Ozeans umhertreibt."

Es bleibt noch übrig, die Angaben über die Geschwindigkeit und die Temperatur des Golfstromes zusammenzustellen. Die Temperatur seines Wassers, das sich durch seine tief blaue Farbe und die Menge Meergras, welches er mit sich führt, auszeichnet, wird durch die heißen Gegenden, wo der Strom beginnt, und durch unterirdische Wärme in der Gegend der An-

tillen sehr erhöht. Sie ist bei seinem Anfange im November noch zu 27° C. und seine Geschwindigkeit in der Mitte = 70 Seemeilen in 24 Stunden gefunden worden. Die letztere scheint sich auf seinem nördlichen Laufe nach den Jahreszeiten und somit nach dem Niveau des mexikanischen Meerbusens zu richten und man fand dieselbe daher im Winter zwischen Charlestown und Kap Hatteras 77 Seemeilen, während sie im Mai etwas südlicher (26° n. Br.) = 80 Seemeilen in 24 Stunden angetroffen wurde, oder 5¼ Fuß in 1 Sekunde. Seine Temperatur nimmt allmälig ab, wie er sich weiter ausbreitet, beträgt aber bei der Bank von Neufoundland, nach einer Strecke von etwa 1000 Seemeilen, noch immer gegen 21° bis 22° C., ungeachtet die der Meeresoberfläche dort nicht mehr als 9° bis 10° ist, und sich an der Ostseite der Bank ein Strom kalten Wassers, der aus den Polargegenden kommt und die arktische Strömung heißt, mit ihm vereinigt. Die ungewöhnliche Temperatur des Meeres zwischen 33° bis 38° und selbst bis 44° nördl. Br. und 10° bis 16° westl. L. von Greenwich wird von einer Fortsetzung des Golfstromes abgeleitet, ja eine solche vermehrte Wärme ist entschieden bis zu dem Meerbusen nach Biscaja hin wahrgenommen worden. Eine bedeutende Menge seines Wassers, die nach der Stärke westlicher und südwestlicher Winde zunimmt, fließt in den Kanal, an die englischen und irischen, selbst bis an die norwegischen Küsten, und verleiht jenen Gegenden eine höhere Temperatur, als ihnen ihrer Breite gemäß zukommt. Die tropischen Samen, die von den amerikanischen Küsten dorthin getrieben werden, dienen als Beweise dieser Ansicht. Das Erscheinen des Golfstromes an den Küsten von Europa ist übrigens periodisch, und wenn angenommen wird, daß die Bewegung seiner Wasser an den skandinavischen Küsten ihr Ende nicht erreiche, sondern sich bis Spitzbergen und Novaja Semlja erstrecke, so muß dies ohne Zweifel als eine Anomalie betrachtet werden. Es ist ganz natürlich, daß sich seine Temperatur in Folge seiner weiten Ausbreitung allmälig bedeutend abkühlen muß, und er behauptet daher an dem europäischen Gestade nur noch eine Wärme von 2°,75 über die Temperatur des Ozeans, nachdem er von Florida bis Europa zum Durchlaufen von etwa 4000 Meilen mit einer Zunahme von 19° Breitenausdehnung eine Zeit von etwa 5½ Monaten gebraucht hat. In seiner südlichen Fortsetzung längs den Westküsten Europas und Afrikas, wo seine Hauptwassermasse, namentlich von den Azoren an, sich gegen die afrikanische Küste wendet und die Schiffe auf die nordwestlichen sandigen Ufer dieses Erdtheils zu treiben droht, hat er seine größte Geschwindigkeit von dem grünen Vorgebirge an gegen den Golf von Guinea, wo er reißend fließt und mit ihm segelnde Schiffe einen Weg von 60 Seemeilen in 2 Tagen zurücklegen, während sie gegen ihn oft 6 bis 7 Wochen nöthig haben. Längs der Küste von Guinea fließt er, parallel mit der Aequinoktialströmung, fast genau nach Osten, mit einer Geschwindigkeit von 9 bis 51 Seemeilen in 24

Stunden und einer Temperatur von 29° C. im April und Mai, die beträchtlich höher ist als die des großen Weststroms und zum Theil von den heißen afrikanischen Winden herrührt. Beim Ursprung der nordafrikanischen und Guineaströmung, zwischen dem Südrand von Irland und dem biscaischen Meerbusen, bilden die Gewässer des Golfstroms einen von Rennel entdeckten Wirbel, der Rennel-Strömung heißt, und schon manchem aus dem Ozean heimkehrenden Schiffe den Untergang gebracht hat, das den Einfluß seiner Strömung nicht gehörig berechnet hat. Sein Anfang ist bei den nordwestlichen Küsten Spaniens und er entsteht aus einer Anhäufung ozeanischen Wassers, die um so stärker ist, je anhaltender die westlichen Winde auf dem nordatlantischen Ozeane wehen. Längs der Nordküste Spaniens dringt er mit einer Geschwindigkeit von 1 Meile in 1 Stunde bis in den Golf bei Bayonne, wendet sich dort links und verfolgt die französische Küste, an der er in der Breite von Brest eine Geschwindigkeit von fast 3 Meilen in 1 Stunde hat. Von hier trifft er die irische Küste beim Kap Clear, wirft sich dann westlich und kehrt endlich nach Süden zurück.

„Man könnte erwarten, sagt Berghaus, daß der Golfstrom von denjenigen Seefahrern, welche aus westindischen und nordamerikanischen Häfen nach Europa segeln, emsig aufgesucht würde, um die Bewegung zu benutzen, welche den Weg abzukürzen strebt. Ist letzteres auch allerdings in der Art der Fall, daß mehrere Tage gewonnen werden, so geben dennoch erfahrene Seeleute diesen Vortheil auf, weil er die Nachtheile nicht aufwiegt, welche mit der Beschiffung des Golfstroms verknüpft sind. Der Golfstrom ist nämlich eine Region der Stürme. Indem er die hohe Temperatur der Tropenmeere längs der nordamerikanischen Küste in die höheren Breiten des atlantischen Ozeans trägt, haucht er, besonders im Winter, einen Theil seiner Wärme gegen die kältere Atmosphäre aus und verursacht dadurch Luftströme, die um so stärker und heftiger sein werden, je größer der Unterschied beider Temperaturen ist. Diese Region der Stürme beginnt eigentlich da, wo sich der Strom von der amerikanischen Küste entfernt, und erstreckt sich über den ganzen Ozean bis zu den Azoren, wo eine gleiche Ursache eine gleiche Wirkung hervorbringt, obwol diese hier in der Regel nicht so bedeutend auftritt als in den westlichen Gegenden, weil die Ursache, d. i. die Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Luft, geringer ist.“ Wenn der Wind dem Golfstrom entgegenweht, so wird er unruhig bis zum Toben und die See geht hoch und unruhig mit gebrochenen Wellen, in denen die Schiffe schwer zu arbeiten haben. Im Uebrigen ist das Klima des Golfstroms wegen seines warmen, stürmischen, feuchten und unbeständigen Wetters bekannt, und bei Südwest- und Weststürmen ist die Luft, selbst im Winter, drückend heiß, dagegen außerhalb seines Einflusses, selbst schon in 39° und 40° nördl. Br. außerordentlich kalt.

Ein Gegenstück zum Golfstrom bildet in thermischer Beziehung der peruanische Küstenstrom, dessen niedrige, auch auf das Klima des Küstenlandes bemerkbar einwirkende Temperatur Humboldt im Jahr 1802 zuerst aufgefunden hat. Er bringt die kalten Wasser der hohen südlichen Breiten an die Küsten von Chili und Peru und hat mitten in der Tropengegend zu gewissen Jahreszeiten nur 15°,6 C., während die ruhenden Wasser außerhalb des Stroms eine Temperatur von 27°,5 und 28°,7 zeigen.

Auch die mit dem Ozean in Verbindung stehenden Binnenmeere haben ihre Strömungen, die theils durch diese Verbindung, theils durch die in sie mündenden Ströme erzeugt werden. So zeigt sich in der Ostsee eine beständige Strömung, die von den unzähligen Flüssen verursacht wird, welche sich in dieses Binnenmeer ergießen und seinen Wassern das allgemeine Streben, nach Westen zu fließen, geben. Diese westliche Strömung steht nun aber mit dem herrschenden Winde der Ostsee, dem Südwestwinde, in beständigem Kampfe und macht die Schifffahrt auf diesem Meere beschwerlich und selbst gefahrvoll, so daß es ein größeres Wagniß sein soll, von London nach Petersburg, als von London nach Westindien zu segeln. Die Wassermasse des mittelländischen Meeres hat im Ganzen eine von Osten nach Westen gerichtete Bewegung, welche dem Impulse der östlichen Strömung der Gibraltarstraße folgt, die in dieser Meerenge selbst so stark ist, daß das Wasser 2 Seemeilen in 1 Stunde zurücklegt, und seine Bewegung eine bedeutende Streke weiter mit abnehmender Stärke beibehält. Als Ursache dieser Strömung betrachtet man den niedrigen Wasserstand des Mittelmeeres (§. 77), der, ungeachtet der Zuflüsse durch Ströme und aus dem schwarzen Meere, doch fortdauernd erhalten wird, weil beständig durch Verdunstung eine große Menge Wasser entfernt wird. Bei vorhandenen Oberströmen darf man in der Regel auf Unterströme rechnen, welche in entgegengesetzter Richtung fließen, und es ist eine ziemlich allgemein herrschende Ansicht, daß in der Meerenge von Gibraltar ebenfalls ein solcher Unterstrom vorhanden sei. Diese Ansicht scheint dadurch unterstützt zu werden, daß im Jahr 1712 ein holländisches Schiff mitten in diesem Kanale von einem französischen in den Grund gebohrt wurde, dessen Trümmer im atlantischen Meere wieder zum Vorschein kamen. Wenn das mittelländische Meer einen größern Salzgehalt hat, als der atlantische Ozean, so erscheint ohnedies der untere Gegenstrom eine nothwendige Folge dieser stärkeren Salzigkeit zu sein, indem die schwerere Flüssigkeit unten eine der obern leichteren entgegengesetzte Strömung annehmen muß, ebenso wie die Luft in eingeschlossenen Räumen durch jede gegebene Oeffnung in entgegengesetzter Richtung stets die kältere unten, die wärmere oben strömt. Hoff aber bestreitet die Existenz eines solchen Unterstroms als unverträglich mit der Beschaffenheit des Grundes in jener Meerenge, der aus einem von Afrika nach Spanien unter dem Wasser fortlaufenden Felsgrate besteht (§. 78).

Dieser erhebt sich zwischen beiden tiefen Meeren bis 11, an einigen Stellen sogar bis 4 Faden unter dem Niveau, und soll, nach Hoff, den Unterstrom unmöglich machen.

II. Die Gewässer des Festlandes.

1. Quellen.

§. 89. Wenn die allgemeine Wassermasse, mit der wir uns im vorigen Abschnitte beschäftigt haben, als ein vorzügliches Verbindungsmittel von Kontinent zu Kontinent, als das Element, das, in Verbindung mit den Winden, durch seine Strömungen dem Verkehr der Menschen die großen Handelsstraßen bestimmt, von mächtigem Einfluß auf die Kultur und die Schicksale der Völker ist, so ist sie auf der andern Seite für die ganze Oekonomie der Natur von nicht minderer Wichtigkeit, weil durch die von ihr in die Atmosphäre aufsteigenden Dünste, deren Ansammeln in Wolken und Endigen in verschiedenen Niederschlägen das Bestehen und die fortwährend sich erneuernde Entwicklung der ganzen Thier- und Pflanzenwelt, der das Land zum Aufenthalt angewiesen wurde, ja selbst das Dasein des Menschengeschlechts bedingt ist. Die durch die Hydrometeore entstehenden Gewässer des Festlandes bilden ein Wassernetz, das über alle Theile der Kontinente theils als fließendes, theils als stehendes Wasser ausgebreitet ist und in jeder dieser beiden Formen interessante Erscheinungen darbietet.

Nicht nur wo Seen und Flüsse sind, fast überall ist die Oberfläche der Erde feucht, und die Ursachen davon sind mannigfaltig. Diese Feuchtigkeit wird bewirkt durch Niederschlag des verdunsteten Wassers, durch Capillaranziehung*) aus größerer Tiefe, durch den hydrostatischen Druck vieler

---

*) Durch Capillaranziehung steigen Flüssigkeiten, der Schwere entgegengesetzt, in sehr feinen röhrenförmigen Räumen (Haarröhrchen) aufwärts, was lediglich eine Wirkung der Anziehung zwischen den berührenden Elementen des festen Körpers und den Flüssigkeiten ist. So bemerkt man, wenn man Wasser in ein gemeines Glas gießt, daß dasselbe am Rande hinaufgezogen wird; kleine Glaskugeln, auf Wasser schwimmend, ziehen einander an, was eine Folge der zwischen ihnen aufsteigenden dünnen Wasserschicht ist. Zur Capillarität gehört ferner das Aufgesogenwerden der Flüssigkeiten durch lockere vegetabilische und thierische Stoffe, das Aufsteigen des Oels in Dochten, des Wassers in geballter Erde; unglaublich groß ist die Kraft vereinter Haarröhrchen, woraus sich das Quellen des Holzes erklärt, wodurch selbst eiserne Bänder zerrissen werden. Alle diese und eine Menge ähnlicher Erscheinungen folgen aus dem Gesetze der Adhäsion flüssiger Körper an feste.

Wasserbehälter, wie denn in dieser Beziehung Anwohner von Seen und Flüssen wohl wissen, daß sich im Allgemeinen im Niveau derselben stets Wasser findet. Schattige Orte, namentlich belaubte oder mit Moos bewachsene Bergspitzen trifft man allezeit feucht, sogar naß, weil sie hauptsächlich den Thau und die Nebel aufnehmen, und die höheren durch Schnee oder Eis erkälteten Gipfel ziehen in großer Menge die atmosphärischen Niederschläge an. Wo diese Ursachen fehlen, hingegen durch die Sonne und warme Winde eine fortdauernde Verdunstung erzeugt wird, da zeigt sich der Boden dürr, und zwar in um so höherem Grade, je weniger das Erdreich geeignet ist, die Feuchtigkeit festzuhalten.

Wenn das atmosphärische Wasser auf einen Boden fällt, der entweder Spalten hat, oder sonst das Wasser durchdringen läßt, so sinkt es in die Tiefe hinab, bis es durch früher angesammelte Wasser, oder durch eine Thonlage, oder durch Felsen, die, wie namentlich die Urgebirgsarten, ihm den Durchgang versagen, aufgehalten wird, sich ansammelt und dann an geeigneten Stellen von selbst wieder in Quellen an die Oberfläche hervordringt. Alle die verborgenen Zuflüsse, aus denen eine Quelle gespeist wird, d. i. ihre in der Erde sich verzweigenden Wasseradern, bilden ihr Wurzelsystem. Diese einfache, der Natur der Sache am besten entsprechende Ansicht von der Entstehung der Quellen ist zugleich die älteste, und ihre Richtigkeit erhellt vorzüglich daraus, daß die Menge atmosphärischen Wassers, welches einen Landstrich befeuchtet, mit der Zahl und Stärke, oder der Reichhaltigkeit seiner Quellen in entschiedenem Zusammenhange steht. Wo es selten regnet oder thaut, sind wenig oder gar keine Quellen, so in der Sahara, in der syrisch-arabischen Wüste u. a. a. Orten; in den Gebirgen dagegen, die wegen ihrer niedrigen Temperatur die atmosphärische Feuchtigkeit anziehen, und deshalb den größeren Theil des Jahres in Nebel und Wolken gehüllt oder mit Schnee bedeckt sind, und deren Felsen dem Wasser der Hydrometeore das tiefere Eindringen nicht gestatten, entspringen zahlreiche und reichhaltige Quellen; nach einer anhaltenden Trockniß endlich fließen die Quellen, namentlich die hochliegenden, sparsamer oder trocknen selbst aus, sodaß also der Wasserreichthum, sowie der Wechsel oder die Beständigkeit der Quellen offenbar mit den klimatischen Bedingungen eines Landstrichs zusammenhängt. Wird das im Boden abwärts dringende Wasser durch früher angesammeltes Wasser aufgehalten, so muß letzteres durch den Zufluß natürlich fortdauernd steigen und zuletzt, mag es eine Sand- oder Kiesmasse oder einen Felsen erfüllen, der von vielen unter einander zusammenhängenden Spalten durchsetzt wird, irgendwo zu Tage austreten und eine Quelle bilden. Sammelt sich dagegen das atmospärische Wasser über einer Felsschicht, die für dasselbe undurchdringlich ist, so fließt es, wenn sie geneigt ist, auf derselben abwärts, bis es ebenfalls an einer geeigneten Stelle aus-

tritt. Erfahrungen, welche in Bergwerken gesammelt worden, in deren Tiefe nicht nur beständig feuchte Stellen, sondern auch die sogenannten Grubenwasser getroffen werden, lehren, daß das Wasser von der Oberfläche zu jeder beliebigen Tiefe dringt und auf solche Weise zu den Ursprungsorten der Quellen gelangt. Der schon vorher berührte Zusammenhang der Menge des Quellwassers mit der herrschenden Witterung zeigt sich deutlich auch in den Gruben, indem anhaltendes Regenwetter oder das Schmelzen des Schnees auf der Oberfläche sehr bald einen merklich vermehrten Zufluß des Wassers in den Bergwerken hervorbringt, selbst wenn sie in sehr festen Gesteinen stehen, so zwar, daß derselbe meistens erst einige Tage später erfolgt und zuerst in den oberen, dann allmälig auch in den unteren Bauen eintritt und länger anhält, als die nasse Witterung selbst. Wenn nun eine quellenführende Schicht bis unter das Meeresniveau einsinkt, so erklärt sich aus Obigem das Aufsteigen von Süßwasserquellen mitten im Meere sehr leicht, und wenn eine solche submarine Quelle mit einer Steigkraft hervortritt, in Folge welcher das Wasser an der Meeresoberfläche aufsprudelt, wie z. B. im Kanal zwischen Yucatan und Cuba, im Golf von Spezzia und anderwärts, so ist dieselbe als die Wirkung eines starken hydrostatischen Druckes zu betrachten. Aus dem Gesagten geht zugleich hervor, daß die Quellen nicht allein von klimatischen Bedingungen abhängen, sondern auch von der Gestaltung und der Struktur des Bodens, namentlich was ihre Vertheilung in einer Gegend, die Stelle ihres Hervortretens, sowie die Richtung und Geschwindigkeit des austretenden Wasserstrahls betrifft. Landstriche, wie z. B. Steppenländer, deren Boden aus horizontalen Schichten bestehen, können viele Niederschläge empfangen, ohne daß sich deshalb Quellen bilden; denn kann das Wasser eindringen, so sammelt es sich in der Tiefe zwischen den horizontalen Schichten und tritt dann nur an Vertiefungen oder Einschnitten der Oberfläche, oder an Stellen hervor, wo die Schichten eine plötzliche Umbiegung nach Oben zeigen. Quellenarmuth ist auch dann vorhanden, wenn die Schichten schwach geneigt sind, die Oberfläche Unebenheiten zeigt und der Boden das Wasser bis in größere Tiefen durchsickern läßt. Bei einer solchen Beschaffenheit des Bodens, wie wir sie in den Oasen zu treffen pflegen, kann Quellwasser nur da zum Vorschein kommen, „wo das untere, das Wasser auffangende, Thon- oder Felslager an die Oberfläche tritt. Die Oasen von Theben und Gharbye, sagt Studer, sind von alten Brunnen ganz durchlöchert: die oberen Schichten von Dammerde, Thon, Mergel sind durchstochen bis auf eine 20 bis 25 Metres tief liegende Kalkschicht von 100 bis 133 Metres Mächtigkeit, unter welcher sich Sand und Wasser befindet.“ — Vorausgesetzt, die Felslager von Hügel- und Gebirgszügen haben eine gleichförmige Neigung, so werden sich alle Quellen an den Abhängen zeigen, gegen welche die Lager geneigt sind; haben die Gebirgszüge Einschnitte, welche

senkrecht auf der Streichungslinie ihrer Schichten stehen, so werden auch da Quellen austreten. Grenzt, Fig. 40, an einen Berg m, dessen für das atmosphärische Wasser undurchdringliche Felsart eine muldenförmige Vertiefung m m m bildet, ein zusammenhängendes Thonlager a c b, unter welches das durch die Fläche des Berges aufgenommene Wasser in das Lager von Sand und Kies herabsinkt, so kann Wasser, welches über m a fällt, bei b austreten, welche Stelle etwas niedriger als die bei a liegt. Würde die Entstehung der Quelle bei b durch das Thonlager, welches noch von einem anderen wasserhaltenden Lager bedeckt ist, gehindert, so wird man statt ihrer, wenn das Thonlager bei g g durchstochen wird, einen springenden Wasserstrahl, einen artesischen Brunnen erhalten, dessen Ergiebigkeit und Steigkraft um so größer sein wird, je mehr wasserhaltende Schichten unter einander liegen. Von der französischen Grafschaft Artois, wo sie sich häufig finden, haben sie ihren Namen, werden im Ganzen durch sehr einfache Mittel ausgeführt, indem sie keineswegs auf einer besonderen Kunst des Grabens oder Bohrens beruhen, und hangen von den geognostischen Verhältnissen der Gegend ab. Erzeugungsstätten des Wassers werden deshalb nicht überall getroffen; die Beschaffenheit und Stellung der Gesteinschichten, welche in irgend einem gegebenen Landstriche die feste Erdrinde bilden, müssen hierbei als wesentliche Bedingungen gelten; richtige Einsicht, sorgsame Erwägung dieser Verhältnisse können allein solche Unternehmungen zum Ziele führen. An einigen Orten in und bei Wien gräbt man, nach Scholz, durch eine 10 bis 12 Klafter tiefe Lage von Grus, dann in eine 10 bis 50 Klafter dicke Thonlage, setzt ein Brunnenrohr hinein, durchbohrt das Thonlager und das darunter befindliche Kieslager, so dringt das Wasser mit großer Heftigkeit empor. Auf das Rohr werden andere gesetzt, in denen das Wasser oft über die Dammerde heraufsteigt und beständig läuft. Solche Thonlager können oft an Meilen weit entfernte Berge grenzen, jedoch nimmt die Wahrscheinlichkeit, solche Brunnen zu treffen, in ebenen Gegenden mit der Entfernung der Berge ab. Das Aufsteigen des artesischen Wasserstrahls ist eine Wirkung des hydrostatischen Druckes, wie dies einfach daraus hervorgeht, daß diese Brunnen ihren Zufluß, gleich den Quellen, aus der Atmosphäre erhalten, und durch folgende Thatsache außer allen Zweifel gesetzt wird. Zu Choquer in Frankreich lag tiefer Schnee, und es trat plötzlich Thauwetter ein. Ein ungewöhnliches Geräusch zur Nachtzeit erregte die Aufmerksamkeit, und mit Staunen sah man, daß der in einem Garten befindliche artesische Brunnen um das Dreifache der Höhe, die er sonst erreichte, über die Bodenfläche emporstieg. Offenbar war hier die vermehrte Steigkraft des Wasserstrahls eine Folge des Thauwetters. Begreiflich muß man bei Erbohrung von artesischen Brunnen bald mehr, bald weniger tief senkrecht in den Boden eindringen, um seinen Zweck zu erreichen. Im Departement des Pas de Calais springt

eine aus 461 Fuß heraufkommende Quelle 7 Fuß hoch; zu Nürnberg wurde in 366 Fuß Tiefe, und zwar im Keupergebilde, eine Quelle erbohrt, die 15 Fuß über die Bodenfläche steigt; ein zu Tours erbohrter Brunnen kommt aus 414 Fuß Tiefe und steigt 55 Fuß über den Boden; unfern Perpignan sprang, als 80 Fuß Tiefe erreicht waren, ein Wasserstrahl plötzlich 4 Fuß über das Bohrloch empor, das Wasser war klar und hatte 17°,5 Wärme; als mit der Arbeit fortgefahren wurde, sank bei 415 Fuß Tiefe das Gestänge plötzlich abwärts, und nachdem man die Geräthschaften aus dem Bohrloche gezogen hatte, drang ein Strahl hervor, der in der Minute ungefähr 3000 Pfund Wasser gab und nachher zu fließen fortfuhr. Man sieht aus diesen Beispielen leicht, daß es nicht schwer hält, aufsteigendes Wasser der artesischen Brunnen bis zum Giebel mehrstöckiger Häuser zu leiten. Von der Temperatur dieser Brunnenwasser, welche, als eine stets gleichmäßige, diejenige der Luft mehr oder weniger übertrifft, war schon früher die Rede, und in der That erreicht sie auch gewöhnlich einen solchen Grad, daß man mit diesem unterirdischen Wasser große Arbeitssäle in Fabrikgebäuden erwärmt und zarte Pflanzen in Glashäusern gegen Frost schützt; das Wasser des artesischen Brunnens zu Grenelle bei Paris ist so warm, daß es zum Waschen unmittelbar gebraucht wird. Unter den verschiedenen Gebirgsformationen scheint, nach Leonhard, sich die des Keuper ganz vorzüglich günstig für das Erbohren von artesischen Brunnen zu zeigen, indem sich gerade auf den Wechsel von Sandsteinen mit thonigen Mergeln, welchen wir bei diesem Gebilde finden, sich die geeigneten Verhältnisse zu solchen Unternehmungen gründen. Die Wasser streichen langsam im Keupergebirg, finden auf ihrem Durchgange zwar Hindernisse, erscheinen aber selten oder nie trübe; ihre Menge nimmt zwar nur ausnahmsweise zu, man hat jedoch auch kein Versiegen zu befürchten, und aus nicht bedeutender Tiefe steigen die Wasser oft zu ansehnlicher Höhe.

Wenn das über einem großen Landstrich fallende Wasser sich in Folge eigenthümlicher Struktur des Bodens in unterirdischen Behältern sammelt, so entstehen daraus sehr wasserreiche Quellen. Dies ist ganz besonders in Kalk- und Dolomitgebirgen der Fall, in deren lang fortsetzenden Spalten, oder weit sich erstreckenden, mit Höhlungen kommunizirenden Kanälen sich beträchtliche Wassermassen ansammeln können. Man nennt diese Höhlungen und Kanäle, zu denen das Wasser durch die Zerklüftungen der Felsen hinabdringt, in Griechenland Katabothra, in Thüringen Schlotten, im Waadtländer-Jura Entonnoirs. „Die Quelle von Vauclüse, welche bei ihrem Hervortreten den Fluß Sorgue bildet, liefert, wenn sie am spärlichsten fließt, 444 Kubikmeter Wasser in der Minute; wenn sie am reichsten ist, 1330 Kubikmeter. Viele Quellen in dem trocknen Schweizer-Jura vermögen bei ihrem Ursprung Mühlräder zu treiben; so die Birs bei Dachsfelden, der

Mühlbach bei Biel, die Serriere bei Neuschatel. See'n finden durch diese unterirdischen Kanäle ihren Zu- und Abfluß, und in oft großen Entfernungen erscheinen mächtige Quellen, die von ihnen herstammen; die Seelöcher im Mannsfeldischen werden durch die Schlotten mit Wasser versehen; der Lac de Joux im Jura fließt ab durch die Entonnoirs und bildet die 17 Fuß breite Quelle der Orbe; der Zirknitzer-See in Krain füllt sich in nassen Monaten und Jahren, in verborgenen Kanälen findet das Wasser Zu- und Abfluß und in trockenen Zeiten wird das Seebecken ganz entleert; der See Kopais in Böotien fließt durch zum Theil künstliche Katabothra ab. Mächtige Ströme können in diesen unterirdischen Kanälen sich verlieren und weiterhin in voller Stärke wieder hervorbrechen; an der Perte du Rhone dringt der Strom in eine oben fast geschlossene Spalte, 60 Schritte weit ist er durch Felsblöcke ganz bedeckt; die Reka auf dem Karst bei Triest verliert sich in einer Grotte und erscheint am Fuß des Gebirges wieder bei Duino in dem an der Quelle schiffbaren Timavo." (Studer).

Wo die klimatischen Bedingungen der Quellbildung im Lauf des Jahres einem periodischen Wechsel starker Gegensätze unterworfen sind, d. h. wo wir eine trockene und eine nasse Jahreszeit, abwechselnd Frost- und Thauwetter, oder stärkere und geringere Regenmengen haben, da finden sich Quellen, die bald stark, bald schwach fließen oder auch ganz aussetzen. Das letztere wird namentlich dann der Fall sein, wenn das Wurzelsystem einer solchen Quelle nicht weit im Gebirge verzweigt ist, und also die näheren Wurzeln, wenn sie vertrocknet sind, keine entfernteren haben, von denen sie Zufluß erhalten könnten. Man nennt solche Quellen periodische Quellen; sie sind sehr häufig in Ländern mit tropischem Klima, ebenfalls in höheren Gebirgen, bei uns in den Alpen, und in kälteren Ländern, wo sie sich von geschmolzenem Eis und Schnee nähren; im nördlichen Deutschland, wo sie im Mai beginnen und im August oder September endigen, heißen sie Mai- oder Hungerbrunnen. Andere Quellen, die von Gletschern gespeist werden, dabei von allgemeinen Verhältnissen unabhängig sind, fließen je nach Umständen nur bei Tag, oder nur bei Nacht; so fließt zwar die Quelle auf Engstlenalp im Kanton Bern, die sich aus den Gletschern der Titliskette nährt, im Allgemeinen nur vom Mai bis in den August, fließt aber während dieser Zeit nur einige Stunden des Abends und des Morgens (um 8 Uhr Morgens und 4 Uhr Abends), dann aber gleichförmig und mit beträchtlichem Wasserreichthum. Zuweilen fängt sie auch des Abends an und fließt die ganze Nacht hindurch bis zum Morgen, oder umgekehrt. Am Meere, und selbst an Seen und größeren Flüssen, kann die Wasserstärke der Quellen von dem hydrostatischen Drucke dieser größeren Wasserbehälter abhangen, indem das in der Erde gesammelte Quellwasser atmosphärischen Ursprungs in jene größeren Wasserbehälter abläuft, beim Höhersteigen der letzteren zurückgehalten wird

und selbst höher steigen muß. So findet man an allen Flachküsten der Meere Quellen, welche den Bewegungen der Ebbe und Fluth folgen; bei Budum in West-Island ist eine etwa 1000 Schritt vom Meer entfernte und ungefähr 30 Fuß höher liegende Quelle, die bei hoher Fluth voll, bei der Ebbe dagegen trocken ist, und deren Unterschied im Wasserstand etwa 1 bis 1½ F. beträgt; bei Fulham an der Themse gibt ein Bohrbrunnen von 298⅗ Fuß Tiefe 363 oder 273 Litres Wasser in der Minute, je nachdem es Fluth oder Ebbe ist; ein ähnlicher Brunnen zu Lille zeigt einen Unterschied von 1,329 Meter in seinem Wasserstand, und zwar ist sein höchster Stand zur Zeit der Sizygien, der niedrigste zur Zeit der Quadraturen (§ 85) und es treten diese Stände etwa 8 Stunden später als an der Meeresküste ein. Eine offene Verbindung des Meeres mit diesen Quellen durch Röhren kann offenbar darum nicht angenommen werden, weil sonst diese letzteren gesalzen sein müßten, indem das Seewasser durch bloße Filtrirung seine Salzigkeit nicht verliert. An den niederländischen, dalmatischen und istrischen Küsten springen viele süße Quellen, die auf dem Grunde des Meeres austreten, nur zur Ebbezeit, wann der Druck des überstehenden schwereren Salzwassers aufhört.

Eine Art der periodischen Quellen, nur seltener als diese, sind die intermittirenden, welche in kürzern, bloß einige Minuten oder Stunden, oder selbst Tage umfassenden Perioden, abwechselnd und oft sehr regelmäßig mit Fließen aufhören und dann wieder zurückkehren. Solche Quellen gibt es z. B. in der Provinz Bergamo und im südlichen Frankreich bei Nismes und Fontestorbe, Depart. de l'Arriege. Die letztere fließt in den drei Sommermonaten abwechselnd 36½ Minuten und steht dann wieder 32½ Minuten still; bei eintretender nasser Witterung dagegen fließt sie fortwährend, und ein 2 bis 3tägiger Regen verursacht eine Ergießung, welche etwa 12 Tage zu dauern pflegt, worauf dann abermals die Intermittenzen beginnen. Die regelmäßige Unterbrechung im Fließen dieser Quellen ist der Punkt, welcher erklärt werden muß, und die Physiker haben, je nach der Oertlichkeit, verschiedene Ursachen dieser Intermittenz angeführt. Bei Quellen, mit deren Ausfluß eine starke Gasentwickelung verbunden ist, hat man den Grund in der den Ausfluß versperrenden Entwicklung und Anhäufnng von Luftblasen gesucht; bei anderen in einer Anhäufung von Sand in den Kanälen; wieder bei anderen hat man die Unterbrechung ihres Ausflusses durch die Erscheinungen des Hebers erklärt. Der Heber ist eine gebogene, an beiden Enden offene Röhre. Wird der eine Schenkel derselben in ein Gefäß mit Flüssigkeit gebracht, so steigt diese darin bis zum Niveau, das sie im Gefäße hat; wenn sie aber durch Saugen, oder durch Gegendruck bis zum Scheitelpunkt der Biegung gehoben wird, so fängt sie an, zur Oeffnung des andern Schenkels herauszulaufen, und zwar, nach hydrostatischen Gesetzen so lange ununterbrochen, bis entweder das Niveau im Innern bis zu dem Niveau der Mün-

dung des äußern Schenkels gesunken ist, oder, wenn dieser zu lang ist, so lange, bis der innere Schenkel den Wasserspiegel nicht mehr erreicht. Es sei, Fig. 41, A eine Höhle, welche ringsher Zuflüsse erhält, mit einem heberförmig gebogenen Ausgangskanal cbd. So lange das Wasser in ihr den in der Figur gezeichneten Niveaustand hat, kann kein Tropfen aus ihr abfließen; wenn es aber durch unausgesetzten Zufluß aus den Klüften das Niveau ab erreicht, so ist es auch in den Scheitel der Heberbiegung getreten, und fließt nun plötzlich und ununterbrochen ab, bis es zur Höhe ecd herabgesunken und die Höhle fast ausgeleert ist. Die Quelle wird nun so lange aussetzen, bis die Höhle durch den Zufluß wieder bis zum Niveau ab angefüllt ist, wo dann der Ausfluß wieder eintritt. Ist nun der Zufluß ein gleichmäßiger, so wird auch die Zeit des Aufhörens bis wieder zum Beginn des Ausfließens immer gleich groß sein; ist aber der Zufluß, je nach den klimatischen Verhältnissen, bald stärker, bald schwächer, so wird sich darnach auch die Intermittenz richten. Andere intermittirende Quellen lassen sich nicht durch die Erscheinungen des Hebers erklären, sondern setzen eine dem Heronsball ähnliche Struktur des Bodens voraus. Der Heronsball ist ein völlig verschlossener Ballon mit einer bis nahe auf den Boden herabgehenden, unten offenen und oben spitz zulaufenden Röhre. Wird dieser Ballon etwa zur Hälfte, am besten durch eine am Boden befindliche, nachher zuzuschraubende Oeffnung, mit Wasser gefüllt und dann die Luft darin zusammengedrückt, so übt diese einen ihrer Dichtigkeit proportionalen Druck gegen das Wasser aus und nöthigt dieses, aus der Röhre zu springen. Dieser Apparat findet nun seine Anwendung zur Erklärung der heißen intermittirenden Springquellen, welche in mehreren vulkanischen Gegenden der Erde, am schönsten und zahlreichsten auf Island, gefunden wurden. Was bei'm Heronsball die zusammengedrückte Luft, bewirkt hier der Wasserdampf als bewegende Kraft. Die beträchtlichsten dieser Quellen auf Island sind der Geiser und der seit 1784 durch ein Erdbeben ganz in seiner Nähe entstandene Strockr, oder neue Geiser (von geysar, wüthen); beide liegen in dem flachen Hoegedalthal, das überall von unzähligen heißen Quellen durchbohrt ist, nordöstlich von Skalholt. Die Orte, wo die Geiser springen, sind runde Becken, die sich trichterförmig verengen und aus kieselartigen Inkrustationen bestehen, die sich aus dem Wasser niedergeschlagen haben. Der Durchmesser des großen Geisers beträgt nach einer Richtung 56, nach der andern 46 Fuß, und sein Becken liegt, wie das der übrigen, auf der Spitze eines kleinen Hügels, der vom Kieseltuff der Quellen gebildet wurde. Im Mittelpunkt des Beckens befindet sich eine Röhre, die eine senkrechte Höhe von 78 Fuß und eine Weite von 8 bis 10 Fuß hat, und sich, wie bemerkt, nach oben trichterförmig erweitert. Am Rande sind zwei Kanäle, durch welche das Wasser abfließt, wenn das Becken voll ist. Das kreisförmige Becken ist zuweilen leer, gewöhnlich aber mit schönem durch-

sichtigem, siedenden Wasser erfüllt, und ist es bis zum Rande voll, so erfolgt, manchmal auch schon früher, ein unterirdisches rollendes Getöse, gleich entfernten Kanonenschüssen, das oft so stark ist, daß der Boden erschüttert wird; gleichzeitig wird das Wasser unruhig, schäumt wild auf, und indem sich eine ungeheure Dampfwolke aus ihm entbindet, wird es heftig aus dem Becken herausgeworfen; Strahlen von 8 bis 10 Fuß Durchmesser, vermischt mit losen Steinen und Dampf, werden bis zu einer Höhe von 100 bis 200, unter günstigen Umständen 300 und 400 Fuß hoch senkrecht in die Luft geschleudert. Bei jedem Schuß erfolgt ein Ausspritzen, und nachdem dies eine Zeit lang, wie bei einem künstlichen Springbrunnen, gedauert hat, hört es auf, es kommen dicke Dampfwolken aus der Röhre mit einem heftigen Brausen und einem donnerähnlichen Geräusch hervor, und die Eruption hat ihr Ende erreicht. Dann erfolgt eine Zeit der Ruhe, das Wasser steigt von Neuem und eine zweite Eruption erfolgt. Die Perioden, in welchen sich diese Ausbrüche wiederholen, sind so wenig konstant, als die Größe und Dauer der Ausbrüche selbst. Wirft man Steine in den Krater, so werden sie, nach Lyell, sofort wieder hinausgeschleudert, und die explodirende Kraft ist so groß, daß sehr harte Gesteine zuweilen in kleine Stücke zersplittert werden. Augenzeugen fanden, daß, wenn man eine große Menge großer Steine in die Röhre des Strockr warf, man in wenigen Minuten eine Eruption hervorbringen konnte. Sowol die Gesteinbruchstücke, als auch das siedende Wasser, wurden in diesem Falle weit höher getrieben als gewöhnlich. War das Wasser ausgeworfen, so kam noch wenigstens eine Stunde lang eine Dampfsäule mit einem betäubenden Geräusch aus der Röhre hervor; war der Geiser durch diese Anstrengung ausgeleert, so gab er keine Zeichen eines neuen Ausbruchs, bis der gewöhnliche Zwischenraum der Ruhe verflossen war. — Diese großartige, in ihrer Art einzige Erscheinung kann nun nicht wol anders erklärt werden, als durch Annahme einer unterirdischen Höhlung, in der sich Wasser und Dampf sammeln und in welcher das freie Entweichen des Dampfes unterbrochen wird. Angenommen nun, Fig. 42, die Höhle AC erhalte Zufluß von Wasser von der Erdoberfläche durch die Spalten EE, während gleichzeitig Dämpfe von außerordentlich hoher Temperatur, wie sie gewöhnlich aus den Spalten der Lavaströme während deren Abkühlung entwickelt werden, durch die Spalten DD in die Höhe steigen. Ein Theil von den Dämpfen wird zuerst durch Druck zu Wasser verdichtet, die Temperatur des Wassers wird durch die sich entwickelnde latente Wärme erhöht, bis zuletzt der untere Theil der Höhlung mit siedendem Wasser und der obere mit Dämpfen von hohem Druck angefüllt ist. Die Tension der sich mehr anhäufenden Dämpfe wird endlich so groß, daß das siedende Wasser in der Röhre BF in die Höhe getrieben wird, und eine bedeutende Quantität davon entweder über den Rand des Beckens läuft, oder unter dem oben beschriebenen Getöse in die Höhe geschleudert

wird. Hat sich auf solche Weise der Druck vermindert, so dehnen sich die Dämpfe in dem oberen Theil der Höhle aus, bis alles Wasser von C nach F getrieben worden ist, und dann steigen die Dämpfe, als die leichtere der beiden Flüssigkeiten, mit großer Geschwindigkeit in die Höhe. Die Verstopfung der Röhre mit Steinen, wäre es auch nur auf einige Minuten, hat eine große Vermehrung der Hitze zur Folge, weil sie dann nicht mehr mit dem Dampf entweichen kann, das Wasser muß in wenigen Minuten aufsieden, und die Folge ist ein neuer Ausbruch. Es geht aus dieser Erklärung des Phänomens hervor, daß sich die Wirkungen dieser „vulkanischen Druckwerke" um so gewaltsamer und schneller wiederholen werden, je schneller die Dampfentwickelung, je größer die Hitze, je enger und winkliger die Ausflußröhre und je höher diese über dem Niveau des Bodens der Höhle ist.

Wenn durchaus kein Zweifel walten kann, daß die Quellen ohne Ausnahme sich von atmosphärischem Wasser nähren, so gibt es doch in vulkanischen Gegenden andere, die, ohne jederzeit heiße Quellen zu sein, ihren Ursprung den Niederschlägen aus verdampftem Wasser verdanken. So findet sich auf der sizilischen Insel Pantellaria eine Grotte, aus deren Boden feuchte Dämpfe dringen, die sich an den Wölbungen verdichten, herabtröpfeln und eine perennirende Quelle bilden. Gegenüber von Pantellaria, an der Küste Siziliens, steigen auf dem Berge Calogero Dämpfe aus einer Höhle, verdichten sich zu Tropfen und bilden eine Quelle.

§ 90. Ueber den Ursprung der Quellen war man noch im vorigen Jahrhundert sehr getheilter Meinung und viele Gelehrte mischten sich in den darüber entstandenen Streit, der mit großer Heftigkeit geführt wurde. Es liegt nicht in meinem Plane, hier auf Ansichten über diesen Gegenstand einzutreten, welche sich in Folge vielfacher und umfassender Untersuchungen als irrig herausgestellt haben; dagegen habe ich den mathematischen Beweis anzuführen, durch welchen mehrere Physiker bemüht waren, die Ansicht vom Ursprung der Quellen aus atmosphärischem Wasser und dem dadurch bedingten Kreislauf der Gewässer auf der Erde als die einzig richtige und naturgemäße außer Zweifel zu setzen. Dieser Beweis ist eine Bilanzrechnung zwischen Einnahme und Ausgabe des atmosphärischen Wassers. Der Thau, Regen und Schnee und die großen Nebel- und Wolkenmassen, welche fortwährend die Berge umlagern und ununterbrochen ihr Wasser an denselben absetzen, sind die verschiedenen Quellen, aus denen die Einnahmen fließen. Auch die Ausgabe geschieht auf verschiedenen Wegen: durch Verdunstung, durch den Wasserverbrauch von Seiten der Pflanzen und Thiere und durch die Abführung des Wassers aus den Quellen durch die Flüsse zum Meere. Mariotte war der erste, welcher zu berechnen suchte, ob die innerhalb eines Stromgebietes gefallene Menge von Regen- und Schneewasser hinreichend sei, um die Wassermasse zu liefern, welche der Strom innerhalb derselben Periode dem Meere

sichtigem, siedenden Wasser erfüllt, und ist es bis zum Rande voll, so erfolgt, manchmal auch schon früher, ein unterirdisches rollendes Getöse, gleich entfernten Kanonenschüssen, das oft so stark ist, daß der Boden erschüttert wird; gleichzeitig wird das Wasser unruhig, schäumt wild auf, und indem sich eine ungeheure Dampfwolke aus ihm entbindet, wird es heftig aus dem Becken herausgeworfen; Strahlen von 8 bis 10 Fuß Durchmesser, vermischt mit losen Steinen und Dampf, werden bis zu einer Höhe von 100 bis 200, unter günstigen Umständen 300 und 400 Fuß hoch senkrecht in die Luft geschleudert. Bei jedem Schuß erfolgt ein Ausspritzen, und nachdem dies eine Zeit lang, wie bei einem künstlichen Springbrunnen, gedauert hat, hört es auf, es kommen dicke Dampfwolken aus der Röhre mit einem heftigen Brausen und einem donnerähnlichen Geräusch hervor, und die Eruption hat ihr Ende erreicht. Dann erfolgt eine Zeit der Ruhe, das Wasser steigt von Neuem und eine zweite Eruption erfolgt. Die Perioden, in welchen sich diese Ausbrüche wiederholen, sind so wenig konstant, als die Größe und Dauer der Ausbrüche selbst. Wirft man Steine in den Krater, so werden sie, nach Lyell, sofort wieder hinausgeschleudert, und die explodirende Kraft ist so groß, daß sehr harte Gesteine zuweilen in kleine Stücke zersplittert werden. Augenzeugen fanden, daß, wenn man eine große Menge großer Steine in die Röhre des Strockr warf, man in wenigen Minuten eine Eruption hervorbringen konnte. Sowol die Gesteinbruchstücke, als auch das siedende Wasser, wurden in diesem Falle weit höher getrieben als gewöhnlich. War das Wasser ausgeworfen, so kam noch wenigstens eine Stunde lang eine Dampfsäule mit einem betäubenden Geräusch aus der Röhre hervor; war der Geiser durch diese Anstrengung ausgeleert, so gab er keine Zeichen eines neuen Ausbruchs, bis der gewöhnliche Zwischenraum der Ruhe verflossen war. — Diese großartige, in ihrer Art einzige Erscheinung kann nun nicht wol anders erklärt werden, als durch Annahme einer unterirdischen Höhlung, in der sich Wasser und Dampf sammeln und in welcher das freie Entweichen des Dampfes unterbrochen wird. Angenommen nun, Fig. 42, die Höhle AC erhalte Zufluß von Wasser von der Erdoberfläche durch die Spalten EE, während gleichzeitig Dämpfe von außerordentlich hoher Temperatur, wie sie gewöhnlich aus den Spalten der Lavaströme während deren Abkühlung entwickelt werden, durch die Spalten DD in die Höhe steigen. Ein Theil von den Dämpfen wird zuerst durch Druck zu Wasser verdichtet, die Temperatur des Wassers wird durch die sich entwickelnde latente Wärme erhöht, bis zuletzt der untere Theil der Höhlung mit siedendem Wasser und der obere mit Dämpfen von hohem Druck angefüllt ist. Die Tension der sich mehr anhäufenden Dämpfe wird endlich so groß, daß das siedende Wasser in der Röhre BF in die Höhe getrieben wird, und eine bedeutende Quantität davon entweder über den Rand des Beckens läuft, oder unter dem oben beschriebenen Getöse in die Höhe geschleudert

wird. Hat sich auf solche Weise der Druck vermindert, so dehnen sich die Dämpfe in dem oberen Theil der Höhle aus, bis alles Wasser von C nach F getrieben worden ist, und dann steigen die Dämpfe, als die leichtere der beiden Flüssigkeiten, mit großer Geschwindigkeit in die Höhe. Die Verstopfung der Röhre mit Steinen, wäre es auch nur auf einige Minuten, hat eine große Vermehrung der Hitze zur Folge, weil sie dann nicht mehr mit dem Dampf entweichen kann, das Wasser muß in wenigen Minuten aufsieden, und die Folge ist ein neuer Ausbruch. Es geht aus dieser Erklärung des Phänomens hervor, daß sich die Wirkungen dieser „vulkanischen Druckwerke" um so gewaltsamer und schneller wiederholen werden, je schneller die Dampfentwickelung, je größer die Hitze, je enger und winkliger die Ausflußröhre und je höher diese über dem Niveau des Bodens der Höhle ist.

Wenn durchaus kein Zweifel walten kann, daß die Quellen ohne Ausnahme sich von atmosphärischem Wasser nähren, so gibt es doch in vulkanischen Gegenden andere, die, ohne jederzeit heiße Quellen zu sein, ihren Ursprung den Niederschlägen aus verdampftem Wasser verdanken. So findet sich auf der sizilischen Insel Pantellaria eine Grotte, aus deren Boden feuchte Dämpfe dringen, die sich an den Wölbungen verdichten, herabtröpfeln und eine perennirende Quelle bilden. Gegenüber von Pantellaria, an der Küste Siziliens, steigen auf dem Berge Calogero Dämpfe aus einer Höhle, verdichten sich zu Tropfen und bilden eine Quelle.

§ 90. Ueber den Ursprung der Quellen war man noch im vorigen Jahrhundert sehr getheilter Meinung und viele Gelehrte mischten sich in den darüber entstandenen Streit, der mit großer Heftigkeit geführt wurde. Es liegt nicht in meinem Plane, hier auf Ansichten über diesen Gegenstand einzutreten, welche sich in Folge vielfacher und umfassender Untersuchungen als irrig herausgestellt haben; dagegen habe ich den mathematischen Beweis anzuführen, durch welchen mehrere Physiker bemüht waren, die Ansicht vom Ursprung der Quellen aus atmosphärischem Wasser und dem dadurch bedingten Kreislauf der Gewässer auf der Erde als die einzig richtige und naturgemäße außer Zweifel zu setzen. Dieser Beweis ist eine Bilanzrechnung zwischen Einnahme und Ausgabe des atmosphärischen Wassers. Der Thau, Regen und Schnee und die großen Nebel- und Wolkenmassen, welche fortwährend die Berge umlagern und ununterbrochen ihr Wasser an denselben absetzen, sind die verschiedenen Quellen, aus denen die Einnahmen fließen. Auch die Ausgabe geschieht auf verschiedenen Wegen: durch Verdunstung, durch den Wasserverbrauch von Seiten der Pflanzen und Thiere und durch die Abführung des Wassers aus den Quellen durch die Flüsse zum Meere. Mariotte war der erste, welcher zu berechnen suchte, ob die innerhalb eines Stromgebietes gefallene Menge von Regen- und Schneewasser hinreichend sei, um die Wassermasse zu liefern, welche der Strom innerhalb derselben Periode dem Meere

zuschicke. Er wählte das Flußgebiet der Seine, und das Resultat seiner Berechnungen war der aufgestellten Ansicht vom Ursprung der Quellen in hohem Grade günstig; denn er fand, daß noch nicht $1/6$ des im Flußgebiet der Seine gefallenen Wassers nöthig sei, um sie zu speisen, und nahm in Folge seiner Schätzungen an, daß die übrigen $5/6$ theils durch Verdunstung, theils durch Pflanzen und Thiere verbraucht werden. Weil es aber, wie Sedileau zeigte, schwierig ist zu bestimmen, von welchen Punkten überall einem Flusse auf dem Festlande, dessen Zuflüsse sich mit denen seiner Nachbarströme verwirren, Wasser zugeführt werde, so hat man später zu diesem Zwecke ein Inselland gewählt. Die bedeutendste Arbeit dieser Art hat der Engländer Dalton geliefert, der etwa hundert Jahre nach Mariotte die jährliche Einnahme und Ausgabe des Wassers in England der Berechnung unterwarf. Er fand die Regenmenge der Küstengegenden, namentlich der dem Ozean am meisten ausgesetzten Südwestküste der Insel bei Weitem größer als im Inneren der Insel; ebenso zeigten ihm seine Untersuchungen, daß es in den Gebirgsgegenden, denen die feuchten Seewinde ihre Dünste zuführen, wol zwei bis dreimal so viel regne, als im flachen Lande. Als mittlere jährliche Regenmenge fand er für die Küstenlandschaften 38,5 engl. Zoll, für die binnenländischen Grafschaften dagegen 24,4 Zoll. Hieraus ergibt die Berechnung als muthmaßliche mittlere Regenmenge des Jahres für ganz England 31,4 Zoll, die Niederschläge in Gestalt von Schnee mit eingerechnet. Die Thaumenge nimmt Dalton zu mindestens 5 Zoll an, und erhielt somit, indem er den Niederschlag aus Nebeln und Wolken unberücksichtigt ließ, für die jährlich aus der Atmosphäre auf den Boden Englands niedergeschlagene Wassermenge 36,4 Zoll — ein Quantum, welches er eher für zu gering als zu hoch anzuschlagen geneigt ist. Wird nun dieses Quantum atmosphärischen Wassers auf das bekannte Areal Englands vertheilt, so stellt sich die jährliche Einnahme an Wasser auf die enorme Summe von 4 Billionen, 181713 Millionen, 536000 Kubikfuß, oder ungefähr $4\frac{1}{2}$ deutsche Kubikmeilen. Bei der Berechnung der jährlichen Ausgabe an Wasser berücksichtigte Dalton nur die Verdunstung und den Abfluß aus den Quellen, den Wasserverbrauch durch Pflanzen und Thiere brachte er nicht in Anschlag, weil seiner Meinung nach die Natur selbst Wasser durch die Verbindung seiner Grundstoffe erzeugen könne. Zur Ausmittlung der Wassermenge, welche ein Fluß durchschnittlich im Jahr fortführt, braucht man nur die Schnelligkeit seines Laufes in gewissen Zeiträumen und die mittlere Breite und Tiefe seines mit Wasser angefüllten Bettes in verschiedenen Jahreszeiten zu kennen. Da Dalton diese Größen für die Themse gegeben waren, fand er für das Quantum Wasser, welches sie jährlich in's Meer ergießt, 166624 Mill. 128000 Kubikfuß, d. i. etwas mehr als den 25sten Theil der jährlichen Wassermenge von ganz England, während im Gegentheil der Flächenraum, von welchem die

Themse ihr Wasser bezieht, ungefähr den achten Theil von England und Wales ausmacht. Die Wassermengen, welche alle übrigen Flüsse von England und Wales dem Meere zuführen, betragen nach Daltons ungefährer Schätzung neun Mal so viel, als diejenige ist, welche das Meer durch die Themse erhält; mithin ungefähr $^{9}/_{25}$ der gesammten Einnahme an atmosphärischem Wasser, oder von der Summe desselben etwa 13 Zoll, so daß demnach noch 23 Zoll zur anderweitigen Ausgabe übrig bleiben. Diese 23 Zoll kommen auf Rechnung der Verdunstung, durch welche das Wasser wieder in die Atmosphäre entweicht. Je nach der Oberflächenbeschaffenheit des festen Landes ist aber die Verdunstung verschieden, und jene zeigt sich entweder als Wasser, oder als mit Pflanzen bedeckte Erde, oder als kahler Boden. Auf dem ersten ist die Verdunstung am größten, auf dem letzten am kleinsten. Indem Dalton alle diese Umstände gehörig in Rechnung nahm, fand er 25,14 Zoll Verdunstungsmenge für England und Wales, wobei die 5 Zoll Thaumenge entweder als abgeflossenes oder verdunstetes Wasser im ersten oder im letzten Resultat mitgezählt werden müssen. Stellt man nun die Summe der Einnahmen mit derjenigen der Ausgaben zusammen, so ergibt sich ein Defizit von etwas mehr als 2 Zoll für die Ausgabe. Dieses wird aber sicherlich gedeckt durch den aus Nebeln und Wolken Statt findenden Niederschlag auf den Bergen, so daß man also nicht anstehen kann, das von Dalton gewonnene Resultat als einen annäherend genügenden Beweis für die Ansicht vom Ursprung der Quellen aus atmosphärischem Wasser zu halten. (Nach Berghaus.) Wenn umfassende Untersuchungen solcher Art nach vervollkommneten Beobachtungsmethoden auch an anderen Orten gemacht werden, so unterliegt es keinem Zweifel, daß auch diese ähnliche und noch genauere Resultate liefern werden, welche gewisse Ahnungen von einem Kreislauf der Säfte, ähnlich demjenigen in Pflanzen und Thieren, von einem Pulsiren des Quellwassers, dessen Bewegungen auf die höheren Bestimmungen tellurisch-magnetischer Strömungen zurückzuführen beliebt werden, und andere solche „lebensvolle Anschauungen" in ihrer ganzen Lächerlichkeit darstellen werden. Ueberall folgen die geschaffenen Dinge gewissen Gesetzen und haben eine zur Ausführung irgend eines Gesetzes fähige Natur und Beschaffenheit; es ist aber verkehrt, den Begriff des Lebens, wie wir ihn in den Organismen verwirklicht finden, überall hinzutragen und den Dingen Naturen anzudichten, die sie nicht haben und nicht haben können.

Doch scheint ein Phänomen, das namentlich in Gebirgsgegenden nicht selten ist, mit der vorgetragenen Ansicht vom Ursprung der Quellen sich nicht vereinbaren zu lassen. Wenn oft plötzlich die Flüsse von ihren Quellen an austreten, die Gebirgsthäler überschwemmen, alle Zweige eines Stromsystems ungeheure Wassermassen dahinwälzen, der Hauptstrom zu einer unerhörten Höhe über seinen mittleren Wasserstand anschwillt, wenn selbst das Strom-

wasser der Nebenflüsse sich zu einer Breite ausdehnt, die oft derjenigen großer Ströme gleicht, wenn ein solches Ereigniß sich auf mehr als ein Stromgebiet ausdehnt; dann möchte man geneigt sein, bei dem furchtbaren Anblick der durch die ungeheuren Wassermassen angerichteten Verheerungen zu außerordentlichen Ursachen der plötzlichen Vermehrung des Wassers seine Zuflucht zu nehmen, weil dieselbe in keinem Verhältniß mit der kurz zuvor und gleichzeitig im Gebiete dieser Ströme gefallenen Regenmenge zu stehen scheint. Als im Winter 1824 mit dem Austreten so vieler Flüsse des nördlichen und südlichen Deutschlands gleichzeitig gewaltige Sturmfluthen des Meeres unerhörte Eingriffe an den Küsten der Nordsee und bei Petersburg in's Land machten, als in jenen Tagen in der Schweiz und im Schwarzwald einige kleine Erderschütterungen verspürt wurden, und im hohen Gebirg plötzlich sehr wasserreiche Quellen an Orten ausbrachen, wo sonst keine Spur davon war; da schien es vollends unmöglich, die Ueberschwemmungen bloß von atmosphärischem Wasser herzuleiten; eine Aufregung im Inneren der Erde, welche die gewöhnliche Ordnung der Natur verwirrte und den Wassern der Tiefe plötzlich den Ausgang in's Freie gestattete, wurde nun als erklärende Ursache des außerordentlichen Phänomens in Anspruch genommen. Allein wie übel begründet die Ansicht derer sei, welche die Ueberschwemmungen vom J. 1824 durch das Bersten unterirdischer Wasserbehälter erklärten, hat Muncke auf überzeugende Weise entwickelt und dargethan, daß es gar keiner an's Wunderbare grenzenden Hülfsmittel der Erklärung bedürfe. Die angenommenen Wasserbehälter mußten unstreitig tief und unter dem ganzen Quellenrevier der ausgetretenen Flüsse liegen; dann aber konnten sie sich ihrer Wasser nur entleeren entweder durch Einsenkung ihrer Decke oder Erhebung ihres Bodens, wodurch das Wasser hervorgetrieben wurde. Allein von solchen Niveauveränderungen ist nirgends eine Spur entdeckt worden. Es ist allerdings Thatsache, daß durch Erdbeben große Wassermassen zu 20, in seltenen Fällen bis zu 30 Fuß in die Höhe getrieben worden sind; im vorliegenden Falle aber müßten die Wasser wenigstens 800 Fuß hoch hinaufgeschüttet worden sein, und also ein Erdbeben voraussetzen, bei welchem kein Stein auf dem andern geblieben und Felsstürze die unausbleibliche Folge gewesen wären. Da aber Nichts der Art Statt gefunden hat, so bleibt denjenigen, welche solche unterirdische Wasserbehälter angenommen haben, zur Erklärung des Phänomens kein anderer Ausweg, als eine besondere Kombination ganz widernatürlicher Umstände zu statuiren, wodurch einzig und allein der Boden der Wasserbehälter durch Erschütterungen gehoben worden, die Erdoberfläche aber unverändert geblieben wäre, — eine Kombination, die fast an den Spuck unterirdischer Gnomen erinnert. Muncke treibt auch diesen Gespensterspuck aus den Köpfen, indem er auf die geognostischen Verhältnisse des im Norden des Schwarzwaldes liegenden schwäbischen Hügellandes hinweist, denen zu

Folge die Wasser der Ueberschwemmung von 1824, wenn sie aus größeren Tiefen stammten, eine andere Beschaffenheit hätten zeigen müssen, als sie wirklich hatten. Das ganze Hügelland von Schwaben ist nämlich von sehr ausgedehnten Salzlagern durchzogen, die in etwa 600 bis 800 Fuß Tiefe liegen und über welche die bedeutenderen Zuflüsse des Neckars hinströmen. Wären nun durch Erdbeben, oder durch irgend eine andere Ursache die Gewässer aus dem Inneren emporgetrieben worden, so hätten von dieser emportreibenden Kraft die Salzlager unmöglich unberührt bleiben können, sie müßten ganz oder zum Theil zerstört, das Wasser selbst aber müßte salzig geworden sein. „Allein, bemerkt Berghaus, das Wasser war nicht nur süß, sondern, — und das ist unstreitig am wichtigsten — die unzähligen Salzquellen, welche dort ihren Ursprung haben, nahmen an dem allgemein vermehrten Wasserzufluß keinen Theil und veränderten ihre Beschaffenheit durchaus nicht; auch die unstreitig aus großer Tiefe hervortretenden warmen Mineralquellen von Baden, Wildbad, Wiesbaden u. s. w. änderten sich durchaus nicht, ungeachtet auf ihren Austrittspunkten große Verwüstungen vorgingen." Unmöglich konnten also im Inneren der Erdrinde beträchtliche Erschütterungen und Störungen vorgegangen sein. Nachdem Muncke auf solche Weise die Neigung zum Wunderbaren bei Erklärung dieser Ueberschwemmungen zurecht gewiesen, blieb ihm die Untersuchung übrig, ob sich der Gang jener Ereignisse nicht aus Niederschlägen atmosphärischen Wassers ableiten lasse. Er fand, daß die Regenmenge im J. 1824 bedeutend groß gewesen sei, (in Heidelberg 30,76 Zoll), daß es bei niedriger Temperatur und also geringer Verdunstung schon von Juli bis September ungewöhnlich viel geregnet hatte, weßhalb der Zufluß aller Quellen sehr stark und der Boden voll Wasser war. Jede ungewöhnliche Zugabe mußte daher ein Ueberfließen veranlassen. Als diese nun Ende Oktobers kam, wo seit dem 26sten sehr heftige Ergießungen erfolgten, in Folge deren die Regenmesser innerhalb 36 Stunden 4 bis 7 Zoll Regen anzeigten, half noch ein anderer Umstand zur Vermehrung der Wassermenge; es war nämlich in den vorangegangenen Tagen ungewöhnlich kalt gewesen, und der Schwarzwald, die Tyroler und Schweizer Voralpen lagen voll Schnee; nun aber kam der Regen mit südlichen Winden, die Temperatur erhöhte sich, der Schnee schmolz, und der ungeheure Zufluß einer plötzlich losgelassenen Wassermasse mußte nothwendig, wie im J. 1834 in den Thälern um den Gotthart, große Ueberschwemmungen erzeugen. Um zu zeigen, daß die Wassermenge, welche der Neckar führte, nicht im Mißverhältniß mit der gefallenen Regenmenge stehe, theilt Berghaus folgenden Ueberschlag von Schübler mit. „Es fielen während der ersten 36 Stunden auf den Quadratschuh Fläche über ⅓ Kubikfuß Wasser; dies gibt für die Quadratmeile 200 Millionen 219590 Kubikfuß, und wenn man das Neckargebiet mindestens zu 100 Geviertmeilen anschlägt, etwa 92 Millionen Kubikklafter für diesen

Flächenraum und die Menge, welche den unteren Neckargegenden zuströmte. Rechnet man nun den Neckar während dieser Periode zu einer durchgängigen Tiefe von 12 Fuß bei 2000 Fuß mittlerer Breite und eine mittlere Geschwindigkeit von 6 Fuß in der Sekunde, nach Versuchen bei Tübingen; so sind durch ihn in jeder Sekunde etwa 144000 Kubikfuß geschüttet worden, welche für 36 Stunden 86 Millionen 448610 Kubikklafter geben; es bleiben also in der Einnahme noch ungefähr 5 Millionen 5550000 Kubikklafter Ueberschuß, welche auch bei so feuchter Luft füglich durch Verdunstung fortgegangen sein können. Schübler bemerkte nach langjährigen Beobachtungen, daß in der Neckargegend im Sommer täglich etwa 3 bis 4 Linien Regen fallen; schon sehr oft hatte er gesehen, daß, sobald in 24 Stunden beträchtlich mehr fällt, ein Austreten der Flüsse erfolgt; nun waren aber hier am 28sten und 29sten Oktober 3 Zoll 4 Linien, folglich mehr als neun Mal so viel in 24 Stunden gefallen, und am 1sten bis 2ten November 1 Zoll 4 Linien, also etwa vier Mal so viel; kein Wunder daher, daß das Resultat der Ueberschwemmungen ganz ungeheuer war. Noch ist zu bemerken, daß die Flüsse erst nach dem Beginnen des großen Regens, den 29sten und 30sten Oktober, zu steigen und überzutreten anfingen; der Neckar fiel zwar nach dem 30sten, begann aber wieder den 2ten November zu steigen, da es den Tag vorher wieder fast eben so viel als Ende Oktobers geregnet hatte; es stand also Steigen und Fallen des Flusses in ganz direkter Beziehung mit Regenfall.

Angesichts dieser Thatsachen wird wol Niemand mehr am Ursprung der Quellen aus atmosphärischem Wasser zweifeln können, und wenn in mehreren Gegenden beobachtet worden ist, daß die Wassermenge der Quellen sich vermindert hat, so ist diese Einbuße auf Rechnung verminderten Regens zu setzen, der eine Folge vom kahlen Abtrieb der Wälder, oder sonstiger Austrocknung des Landes ist.

§ 91. Wenn schon das Quellwasser den atmosphärischen Niederschlägen, deren Wasser in so geringer Menge fremdartige Bestandtheile beigemischt enthalten, daß sie gar nicht in Betracht kommen, sein Dasein verdankt, so zeigt es doch die größte Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung; es gibt Quellwasser, die beinahe chemisch rein sind, während andere eine große Menge heterogener Bestandtheile enthalten. In höheren Gebirgsgegenden namentlich tritt das Wasser fast so unverändert aus, als es die atmosphärischen Dünste niedergeschlagen haben; von außerordentlicher Reinheit soll das Wasser der Quelle des Tafelberges am Kap, und das einer anderen Quelle bei Helsingborg sein. Die meisten Quellwasser jedoch sind mit fremden Bestandtheilen vermischt, von denen Kalkerde, wahrscheinlich an die keinem Quellwasser ganz fehlende Kohlensäure gebunden, Gips, kleine Mengen Kochsalz, dann kleine Beimengungen von organischen Stoffen u. a. m. die gewöhnlichsten sind. Das meiste Quellwasser ist, wenn organische Substanzen dasselbe

nicht verunreinigen, erfrischend und angenehm und hat einen herzhaften Geschmack, den es seinem Gehalt an Kohlensäure verdankt. Beim Abkochen in Gefäßen läßt es einen Theil seiner Bestandtheile, am häufigsten die kohlensaure Kalkerde fahren und setzt den sogenannten Pfannenstein der Thee- und Waschkessel ab; manche Quellwasser, wie die um Chur, sind so reich an Kalkerde, daß das Innere der hölzernen Wasserleitungen bei gewöhnlicher Temperatur und nach nicht sehr langer Zeit mit einer mehrere Linien dicken Kruste überzogen wird. Eine Seifenlösung nimmt das Quellwasser nicht an, weil sich die in ihm enthaltene Kohlensäure mit dem Alkali der Seife verbindet und den fettigen Bestandtheil frei werden läßt. Solche Eigenschaften sind es, welche zur Eintheilung in harte und weiche Wasser Veranlassung gaben; erstere, die Quellwasser, zersetzen Seifenwasser, letztere die Regen- und Flußwasser, dagegen nicht.

Bei einer beträchtlichen Menge solcher heterogenen Bestandtheile entstehen die Mineralquellen, Gesundbrunnen, welche bekanntlich als Bad oder Getränk zur Heilung vieler Krankheiten angewendet werden, weil sie durch die fremden Bestandtheile eigenthümliche und oft sehr ausgezeichnete Eigenschaften erhalten. Diese Bestandtheile sind in den Mineralwassern theils in festem, theils in gasförmigem Zustande enthalten; von den festen, die in den Quellen aufgelöst sind, bleibt beim Abrauchen des Wassers ein Rückstand übrig, während die gasförmigen dagegen entweder beim Hervortreten der Quelle, oder bei künstlicher Erhitzung sich vom Wasser trennen und entweichen. Man kennt bereits eine bedeutende Zahl solcher Bestandtheile, und es werden deren bei dem Grade der Vollendung, den die Chemie erreicht hat, und bei der Gewandtheit, mit welcher die Analytiker selbst die kleinsten Mengen eines Stoffes aufzufinden wissen, immer noch neue entdeckt werden. Zu den am häufigsten vorkommenden und die Mineralwasser vorzüglich charakterisirenden Bestandtheilen gehören mehr oder weniger vollständige Verbindungen einiger Säuren und salzfähigen Basen (§ 2) zu Mittel- oder Neutralsalzen, ferner basische oder saure Verbindungsstufen. Da die Kohlensäure fast keinem Wasser fehlt, welches als Quelle hervortritt, so ist zu erwarten, daß sie auch in den Mineralwassern die vorherrschende Säure bilde, und manche enthalten sie auch in der That in solcher Menge, daß ein Theil ihrer Kohlensäure mit den außer ihr vorhandenen salzfähigen Basen, welche die nächste Verwandtschaft zu ihr haben, kohlensaure Salze bildet, während der andere überschüssige Theil sich theils rein mit dem Wasser vermischt, theils in Gasform aus demselben entweicht. Der unter den gewöhnlichen Umständen gasförmig vorkommende Schwefelwasserstoff oder Hydrothionsäure kommt in den Mineralwassern vielleicht eben so häufig vor als die Kohlensäure, und erhielt deshalb und wegen ihrer ausgezeichneten Wirkungen von den Alten den Namen Brunnen-

geist. Zu den gleichfalls nicht selten vorkommenden Säuren gehören die Schwefelsäure und die Salzsäure; beide werden, in der Regel immer an Basen gebunden, nur sehr selten in den Wassern frei getroffen. In Italien, bei Viterbo und Siena, kennt man zwei Wasser, die sich durch ihren reichen Gehalt an Schwefelsäure auszeichnen; während der Ausbrüche des Vesuvs im J. 1818 wurde nahe am Gipfel eine stark mit Salzsäure geschwängerte Quelle entdeckt, deren Säurung in Stärke mit der Thätigkeit des Vulkans wechselte. Das auffallendste Beispiel für schwefel- und salzsaure Wasser hat aber Humboldt in Südamerika oberhalb Popayan gefunden, einen Strom mit 11200 Fuß Quellenhöhe, der drei berühmte Wasserfälle bildet und wegen des auffallend sauren Geschmacks und der fressenden Beschaffenheit seines Wassers von den Anwohnern Essigstrom (Rio vinagre) genannt wird. Sein Staub ist so beizend, daß er beim Verweilen neben dem Wasserfall den Augen beschwerlich wird; die Fische, die in diesem Flusse nicht leben können, stellen sich erst wieder ein, nachdem sein Wasser durch süßes hinlänglich verdünnt worden ist. Die Analyse zeigte in einem Litre 1,080 Grammen Schwefelsäure und 0,184 Salzsäure, nebst 0,240 Thonerde und 0,160 Kalkerde. Unter den übrigen Säuren, die noch hin und wieder in den Mineralwassern vorkommen, ist die Salpetersäure vielleicht die häufigste; in geringem Verhältniß und nur in wenigen Quellen findet sich Flußsäure, welche die Kieselerde angreift, Phosphorsäure und Borsäure. Die letztere steigt an vielen Stellen in Toscana aus dem Boden der Maremmen als heiße Dämpfe auf, die sich dann zum Theil in den Quellwassern lösen und Ursache sind, daß diese mit starkem Borsäuregehalt abfließen. — Erden und Alkalien sind die salzsauren Basen, die sich meistens mit den genannten Säuren verbunden finden, und unter den ersteren treten Kalk- und Talkerde am häufigsten auf. Man findet jene theils mit Kohlensäure zu gewöhnlichem Kalk, theils mit Schwefelsäure zu Gips verbunden, seltener als salzsauren oder phosphorsauren Kalk. Ist die Talkerde mit Schwefelsäure verbunden, so bildet sie das Bittersalz der Bitterwasser, sonst findet sie sich in den meisten Salzquellen als salzsaure und kohlensaure Talkerde. Kieselerde kommt in sehr schwachem Verhältniß in manchen, besonders in heißen Quellen vor, in bedeutender Menge in den Geisern Islands, deren Becken, wie schon bemerkt worden, aus kieselartigen Inkrustationen bestehen, in einigen Quellen der Westküste Grönlands, und dann auch in den Quellen von Karlsbad. Die Thonerde findet man am häufigsten in schwefelsaurer Verbindung, als Alaun. Als eine große Seltenheit und nur in geringer Menge trifft man auch Strontianerde in den Wassern von Pyrmont, Karlsbad, Aachen, Burtscheid, Selters und Ems, in den beiden letzteren mit etwas Baryterde. Wie unter den Erden die Kalkerde, so ist unter den Alkalien das Natron weitaus das häufigste und vorwaltendste unter den salzsauren

Basen; es erscheint als Chlornatrium oder Kochsalz in größter Menge, und ist in dieser Verbindung ein charakteristischer Bestandtheil einer ganzen Klasse von Mineralwassern, der Soolwasser oder Soolen; in Verbindung mit Kohlensäure bildet es Soda, welche ebenfalls einer ganzen Klasse von Wassern eigenthümlich ist (Bilin, Fachingen); ist es schwefelsauer, so bildet es Glaubersalz, das einzelne Quellen in beträchtlicher Menge führen. Außerdem findet sich, untergeordnet zwar, wie Alaun, wo er vorkommt, auch Kali, als salzsauer und schwefelsauer in sehr vielen Soolwassern. Unter den metallischen Basen nimmt, wie in der ganzen Natur, so auch in den Mineralwassern, Eisen die erste Stelle ein, und die Säure, mit welcher es die häufigsten Verbindungen eingeht, ist die Kohlensäure. Wenn das kohlensaure Eisenoxydul in größerer Menge, als gewöhnlich auftritt, so bildet es den charakteristischen Bestandtheil der sogenannten Eisen- oder Stahlwasser. Seltener ist die Verbindung des Eisens in den Mineralwassern mit Salzsäure und Schwefelsäure, und die letztere bildet mit ihm den Eisenvitriol der vitriolischen Quellen mancher Bergwerke. In noch schwächerem Verhältniß, als Eisen, findet sich Mangan (Brauneisenstein), und ist in den Quellen von Karlsbad, Pyrmont, Ems, Selters, Franzensbrunnen an Kohlensäure gebunden. — Die sogenannte Jodine, welche die chemische Analyse schon früher im Meerwasser gefunden, zeigte sich neuerlich auch als Bestandtheil des Steinsalzes und der Salzquellen, eine Entdeckung, die besonders darum wichtig ist, weil sie einen deutlichen Fingerzeig zur Beurtheilung des Ursprungs der beiden letzteren Substanzen gibt (§ 79).

Früher gab man bei den Mineralquellen nur an, wie das Wasser derselben die Sinne affizirte und welche Wirkung der innere oder der äußere Gebrauch bei Menschen und Thieren hervorgebracht habe, und stellte dieselben nach gewissen Hauptkombinationen ihrer mannigfaltigen Bestandtheile in vier Hauptgruppen zusammen, von denen jede sich von der anderen durch bestimmte physikalische Eigenschaften des Geruchs, Geschmacks und medizinischer Wirkungen unterscheidet. Die bedeutendste Hauptgruppe bilden die Sauerbrunnen, Säuerlinge, in der Schweiz nur in Graubündten, namentlich zu St. Moritz, Fideris, Schuls, Bernhardin; sie zeichnen sich aus durch einen überwiegenden Gehalt an Kohlensäure, welche natürlich das Vorhandensein anderer Bestandtheile nicht ausschließt. Die reichsten Sauerbrunnen, die wegen der großen Zahl aufsteigender Luftblasen zu sieden scheinen, heißen Sprudelwasser, und die meisten treten mit einem polternden Geräusche an die Oberfläche, unter dem die Kohlensäure stets entweicht. Frisch geschöpft, und wenn ihr Kohlensäuregehalt nicht zu schwach ist, sieht man in ihrem Wasser eine Menge feiner Gasperlen aufsteigen und empfindet beim Trinken den reizenden Geschmack der Kohlensäure, sowie in der Nase ein Prickeln. Die entweichende Kohlensäure löscht ein an die Oberfläche solcher

geist. Zu den gleichfalls nicht selten vorkommenden Säuren gehören die Schwefelsäure und die Salzsäure; beide werden, in der Regel immer an Basen gebunden, nur sehr selten in den Wassern frei getroffen. In Italien, bei Viterbo und Siena, kennt man zwei Wasser, die sich durch ihren reichen Gehalt an Schwefelsäure auszeichnen; während der Ausbrüche des Vesuvs im J. 1818 wurde nahe am Gipfel eine stark mit Salzsäure geschwängerte Quelle entdeckt, deren Säurung in Stärke mit der Thätigkeit des Vulkans wechselte. Das auffallendste Beispiel für schwefel- und salzsaure Wasser hat aber Humboldt in Südamerika oberhalb Popayan gefunden, einen Strom mit 11200 Fuß Quellenhöhe, der drei berühmte Wasserfälle bildet und wegen des auffallend sauren Geschmacks und der fressenden Beschaffenheit seines Wassers von den Anwohnern Essigstrom (Rio vinagre) genannt wird. Sein Staub ist so beizend, daß er beim Verweilen neben dem Wasserfall den Augen beschwerlich wird; die Fische, die in diesem Flusse nicht leben können, stellen sich erst wieder ein, nachdem sein Wasser durch süßes hinlänglich verdünnt worden ist. Die Analyse zeigte in einem Litre 1,080 Grammen Schwefelsäure und 0,184 Salzsäure, nebst 0,240 Thonerde und 0,160 Kalkerde. Unter den übrigen Säuren, die noch hin und wieder in den Mineralwassern vorkommen, ist die Salpetersäure vielleicht die häufigste; in geringem Verhältniß und nur in wenigen Quellen findet sich Flußsäure, welche die Kieselerde angreift, Phosphorsäure und Borsäure. Die letztere steigt an vielen Stellen in Toscana aus dem Boden der Maremmen als heiße Dämpfe auf, die sich dann zum Theil in den Quellwassern lösen und Ursache sind, daß diese mit starkem Borsäuregehalt abfließen. — Erden und Alkalien sind die salzsauren Basen, die sich meistens mit den genannten Säuren verbunden finden, und unter den ersteren treten Kalk- und Talkerde am häufigsten auf. Man findet jene theils mit Kohlensäure zu gewöhnlichem Kalk, theils mit Schwefelsäure zu Gips verbunden, seltener als salzsauren oder phosphorsauren Kalk. Ist die Talkerde mit Schwefelsäure verbunden, so bildet sie das Bittersalz der Bitterwasser, sonst findet sie sich in den meisten Salzquellen als salzsaure und kohlensaure Talkerde. Kieselerde kommt in sehr schwachem Verhältniß in manchen, besonders in heißen Quellen vor, in bedeutender Menge in den Geisern Islands, deren Becken, wie schon bemerkt worden, aus kieselartigen Inkrustationen bestehen, in einigen Quellen der Westküste Grönlands, und dann auch in den Quellen von Karlsbad. Die Thonerde findet man am häufigsten in schwefelsaurer Verbindung, als Alaun. Als eine große Seltenheit und nur in geringer Menge trifft man auch Strontianerde in den Wassern von Pyrmont, Karlsbad, Aachen, Burtscheid, Selters und Ems, in den beiden letzteren mit etwas Baryterde. Wie unter den Erden die Kalkerde, so ist unter den Alkalien das Natron weitaus das häufigste und vorwaltendste unter den salzsauren

Basen; es erscheint als Chlornatrium oder Kochsalz in größter Menge, und ist in dieser Verbindung ein charakteristischer Bestandtheil einer ganzen Klasse von Mineralwassern, der Soolwasser oder Soolen; in Verbindung mit Kohlensäure bildet es Soda, welche ebenfalls einer ganzen Klasse von Wassern eigenthümlich ist (Bilin, Fachingen); ist es schwefelsauer, so bildet es Glaubersalz, das einzelne Quellen in beträchtlicher Menge führen. Außerdem findet sich, untergeordnet zwar, wie Alaun, wo er vorkommt, auch Kali, als salzsauer und schwefelsauer in sehr vielen Soolwassern. Unter den metallischen Basen nimmt, wie in der ganzen Natur, so auch in den Mineralwassern, Eisen die erste Stelle ein, und die Säure, mit welcher es die häufigsten Verbindungen eingeht, ist die Kohlensäure. Wenn das kohlensaure Eisenoxydul in größerer Menge, als gewöhnlich auftritt, so bildet es den charakteristischen Bestandtheil der sogenannten Eisen- oder Stahlwasser. Seltener ist die Verbindung des Eisens in den Mineralwassern mit Salzsäure und Schwefelsäure, und die letztere bildet mit ihm den Eisenvitriol der vitriolischen Quellen mancher Bergwerke. In noch schwächerem Verhältniß, als Eisen, findet sich Mangan (Brauneisenstein), und ist in den Quellen von Karlsbad, Pyrmont, Ems, Selters, Franzensbrunnen an Kohlensäure gebunden. — Die sogenannte Jodine, welche die chemische Analyse schon früher im Meerwasser gefunden, zeigte sich neuerlich auch als Bestandtheil des Steinsalzes und der Salzquellen, eine Entdeckung, die besonders darum wichtig ist, weil sie einen deutlichen Fingerzeig zur Beurtheilung des Ursprungs der beiden letzteren Substanzen gibt (§ 79).

Früher gab man bei den Mineralquellen nur an, wie das Wasser derselben die Sinne affizirte und welche Wirkung der innere oder der äußere Gebrauch bei Menschen und Thieren hervorgebracht habe, und stellte dieselben nach gewissen Hauptkombinationen ihrer mannigfaltigen Bestandtheile in vier Hauptgruppen zusammen, von denen jede sich von der anderen durch bestimmte physikalische Eigenschaften des Geruchs, Geschmacks und medizinischer Wirkungen unterscheidet. Die bedeutendste Hauptgruppe bilden die Sauerbrunnen, Säuerlinge, in der Schweiz nur in Graubündten, namentlich zu St. Moritz, Fideris, Schuls, Bernhardin; sie zeichnen sich aus durch einen überwiegenden Gehalt an Kohlensäure, welche natürlich das Vorhandensein anderer Bestandtheile nicht ausschließt. Die reichsten Sauerbrunnen, die wegen der großen Zahl aufsteigender Luftblasen zu sieden scheinen, heißen Sprudelwasser, und die meisten treten mit einem polternden Geräusche an die Oberfläche, unter dem die Kohlensäure stets entweicht. Frisch geschöpft, und wenn ihr Kohlensäuregehalt nicht zu schwach ist, sieht man in ihrem Wasser eine Menge feiner Gasperlen aufsteigen und empfindet beim Trinken den reizenden Geschmack der Kohlensäure, sowie in der Nase ein Prickeln. Die entweichende Kohlensäure löscht ein an die Oberfläche solcher

Quellen gebrachtes Licht aus und röthet vorübergehend angefeuchtetes Lackmuspapier. Man unterscheidet drei Arten von Säuerlingen: 1) Aechte Säuerlinge, mit überwiegend vorwaltender Kohlensäure bei geringer Menge anderer Bestandtheile; dahin gehören z. B. eine Menge Wasser am Südfuß des Erzgebirges, die Quelle von Pyrmont u. s. w. 2) Alkalische Säuerlinge, die neben der Kohlensäure eine bedeutende Menge alkalische und erdige Stoffe enthalten. Ihr Geschmack ist etwas laugenhaft, und das Alkali derselben ist, wenn kein oder nur sehr wenig Eisen in ihnen vorkommt, in der Regel das kohlensaure Natron, seltener Glaubersalz und Kochsalz. Mineralwasser dieser Art sind die von Selters, Fachingen, Geilnau, Schwalbach, Ems, Teplitz, Spaa, Karlsbad, Pfäffers (letztere beiden mit vorwaltendem Glaubersalz), Wiesbaden, Baden-Baden, St. Moritz in Graubündten, mit Glaubersalz, Kochsalz, kohlensaurer Kalk- und Talkerde, Fideris, mit schwefelsaurem und noch mehr kohlensaurem Natron, das Sauerwasser auf dem St. Bernhardin, das seltene Mineralwasser zu Tharasp, mit viel schwefelsaurem und salzsaurem, und noch mehr kohlensaurem Natron, zugleich mit einer nicht unbedeutenden Quantität kohlensaurer Talkerde. Das Tharasper Wasser, welches starke kohlensaure Gasperlen wirft, und dessen Geschmack sehr salzigbitter, herb und zusammenziehend ist, dürfte zwischen den Säuerlingen und den eigentlichen Salzwassern in der Mitte stehen, und wird hier aufgeführt, weil es einen großen Gehalt an freier Kohlensäure hat. Im Lande selbst wird es allgemein für ein abführendes Salzwasser gehalten. 3) Eisensäuerlinge, oder sogenannte Stahlwasser, die wegen ihres Gehaltes an kohlensaurem Eisenoxydul einen zusammenziehenden Geschmack haben. Die Kohlensäure dieser Verbindung entweicht sehr leicht in die Luft, das Eisen wird frei und daher setzen diese Quellen an ihren Austrittsorten, oder in langgebrauchten, mit ihrem Wasser gefüllten Flaschen gelben Eisenoker ab, und überziehen sich an der Luft mit einer dünnen, fettig anzusehenden Haut, welche aus derselben Substanz besteht. Quellen dieser Art, die sehr häufig vorkommen, sind zu Pyrmont, Franzensbad, Riepoldsau, Brückenau u. a. m. Die zweite Hauptgruppe bilden die ebenfalls weit verbreiteten Salzquellen, deren Gehalt, außer den oben angeführten Bestandtheilen, überwiegend aus Kochsalz besteht, von dem sie ihren Geschmack haben. Selten sind sie mit dieser Substanz gesättigt, weil zum Sättigungsgrade 26 bis 28 Prozent gehören, und erscheinen von diesem Grade an in allen Verhältnissen bis zu so geringen Quantitäten, daß nur chemische Prüfung das Kochsalz nachweisen kann. An die Salzquellen schließen sich drittens die Bitterwasser an, deren Hauptbestandtheil schwefelsaure Bittererde ist, und die nächstdem etwas Gips und kohlensaure Salze enthalten. Die Bitterwasser sind selten und die bekanntesten sind die zu Sedlitz und Saidschütz; reich an solchen Quellen soll das asiatische Rußland sein. Zahlreicher als die Bitterwasser sind viertens die

Schwefelwasser, ausgezeichnet durch ihren Gehalt an Schwefelwasserstoff, der, als ein farbloses Gas, sich durch seinen Geruch nach faulen Eiern oft auf mehrere hundert Schritte weit kund gibt; oder vielmehr der Geruch der faulen Eier rührt von dem bei der Fäulniß sich entwickelnden Schwefelwasserstoffgas her. Bei diesen Quellen gibt die Temperatur mehr als bei allen anderen Mineralwassern einen wichtigen Eintheilungsgrund ab, indem kalte Schwefelwasser ungleich mehr Schwefelwasserstoff aufzunehmen vermögen, als heiße, und daher auch, wenn es allein auf die Einwirkung des Schwefels ankommt, kräftiger als die heißen und um so gesuchter sind, als sie seltener vorkommen. Zu den kalten Schwefelquellen gehören die vielen Quellen in Westphalen, Weilbach in Nassau, Boll in Württemberg, Alveneu und Serneus in Graubündten. Unter den heißen sind von Alters her berühmt die Quellen von Aachen und Burtscheid mit einer Temperatur von 43°,7 und 77°,5 C, von Baden im Aargau, Temp. 46°,2 C, die zu Bagneres in den Pyrenäen, Temp. 50° C, Schinznach im Aargau, Temp. 37°,5 C und viele andere mehr. Zwei kleine Flüsse am Fuß des neu erhobenen Vulkans Jorullo sollen die reichlichsten Schwefelwasser sein.

Außer den Mineralwassern dieser vier Hauptgruppen, welche wegen ihrer heilenden Kräfte auch Heilquellen heißen, gibt es noch vier andere Arten von Mineralquellen: 1) Salpeterquellen, welche, vorzüglich häufig in Ungarn, bei ihrem Austreten alle Vegetation verscheuchen; 2) Naphta- oder Bergölquellen, die von den aus atmosphärischem Wasser entstehenden ganz verschieden sind und vorzüglich häufig in vulkanischen Gegenden vorkommen; 3) Cementquellen, die Kupfervitriol aufgelöst enthalten und sich dadurch auszeichnen, daß sie hineingetauchtes Eisen mit einer rothen, metallischen Kupferhaut überziehen und bei längerer Einwirkung das Eisen zersetzen, indem die Schwefelsäure des Kupfervitriols das Eisen angreift, mit ihm Eisenvitriol bildet und dabei das Kupfer fahren läßt. Da dieser chemische Prozeß nur sehr langsam vor sich geht und immer an die Stelle eines weggefressenen Eisentheilchens ein Kupfertheilchen sich absetzt, so wird dadurch allmälig das hineingelegte Eisen mit vollkommener Beibehaltung seiner Form in Kupfer umgewandelt. Zu Neusohl in Ungarn verfertigt man eiserne Gefäße, wirft sie in die dortige Cementquelle und nimmt sie nach einiger Zeit, mit Kupfer überzogen, wieder heraus; 4) Inkrustirende Quellen, welche die mit ihnen in Berührung kommenden Körper mit einer steinartigen Kruste überziehen, indem sie bei ihrem Austreten einen Theil ihrer aufgelösten erdigen Bestandtheile fallen lassen. Der auf diese Weise erzeugte Stein heißt Tuff und bei kristallinischer Struktur Sinter, und besteht vorwaltend aus kohlensaurem Kalk, seltener aus Kieselerde, und dann nur bei einigen heißen Quellen, namentlich, wie schon bemerkt worden, bei den Geisern Islands. Kohlensaurer Kalk setzt sich dagegen überall aus

Quellen ab, die in Kalkgebirgen entspringen, und die inkrustirende Kraft solcher Quellen ist besonders ausgezeichnet, wenn sie heiß sind, weil sie bei höherer Temperatur mehr Kalkerde auflösen und bei ihrem Austritte schneller fahren lassen. Ein merkwürdiges Beispiel dieser Art liefern die Quellen von Karlsbad, die an ihrem Austrittsorte eine ganze Decke von Sinter, die sogenannte Sprudelschaale, bilden; ganz Karlsbad ist auf einem Boden dieser Art erbaut, der 96 bis 97 Prozent kohlensaure Kalkerde enthält *).

§. 92. Da sämmtliche Mineralquellen ihr Wasser ursprünglich von meteorischen Niederschlägen erhalten, so müssen sie, weil das atmosphärische Wasser fast chemisch rein ist, in der Erde selbst die Stoffe antreffen, mit denen sie an ihren Austrittsorten zum Vorschein kommen. Sind ihnen diese Stoffe nicht blos beigemengt, wie manche erdige Theile, die vermöge ihrer Kleinheit mechanisch fortgeführt werden, so müssen sie dieselben beim Durchstreichen der Gebirgsarten aufgelöst haben. Diese einfache Ansicht findet zunächst ihre Anwendung auf die Salzquellen, in welchen wir dieselben Bestandtheile aufgelöst antreffen, welche auch die Steinsalzlager enthalten. Es ist daher nichts natürlicher, als die Salzsoolen von den im Innern der Erdrinde liegenden Steinsalzlagern abzuleiten. Das Faktum, daß an manchen Orten Salzquellen austreten, in deren Nähe man bis jetzt noch keine Steinsalzbänke entdeckt hat, entscheidet nichts gegenüber der anderen Thatsache, nach welcher an den verschiedensten Orten wahrhaft unermeßliche Steinsalzlager aufgefunden worden sind, wo man früher nur Salzsoolen kannte. So gehörten z. B. das südliche Deutschland und Frankreich noch vor wenigen Jahrzehnten zu den salzarmen Ländern, bis in dem einen ein Erdfall, im andern ein glücklicher Zufall, in beiden die hierauf erfolgte genauere Untersuchung der Gebirgsarten den Zusammenhang der längst bekannten Salzquellen mit dem in ihrer Nähe befindlichen, so spät erst entdeckten Steinsalze kennen lehrte. Auch zu Bex im Waadtland, wo man sich früher mühsam mit sehr veränderlichem Salzwasser begnügen mußte, hat man in den Jahren 1824 und 1825 eine bedeutende Masse reineres Steinsalz gefunden. Angesichts solcher Beispiele, die noch durch eine große Zahl anderer vermehrt werden könnten, ist es ein erfolgloses Bemühen, den Zusammenhang zwischen den Salzquellen und Salzlagern leugnen zu wollen, und man wird früher oder später zu allen Salzsoolen, also auch zu den neu erbohrten zu Schweizerhall und Rheinfelden, die Salzlager entdecken, von denen sie auf dem Wege der Auslaugung und Auflösung ihre Bestandtheile erhalten. Noch andere Erfahrungen, von denen hier nur noch eine angeführt werden soll,

*) Ich habe in obigem §. vorzugsweise Berghaus und Studer zu Grunde gelegt, und für die bündnerischen Quellen die „Mineralquellen zu St. Moritz ꝛc. von Dr. J. A. Kaiser“ benutzt.

sprechen dieser Ansicht das Wort. Man beobachtet an den meisten Salinen, deren Wasser mit Steinsalzlagern bekanntermaßen zusammenhangen, daß immer, wenn die Soole an Wassermenge zunimmt, sich auch ihr Salzgehalt vermehrt, daß also nach nassen Jahren solche Werke nicht nur wasser-, sondern auch salzreicher sind. Ganz dasselbe lehrt die Erfahrung auch bei solchen Soolen, in deren Nähe noch kein Steinsalz gefunden worden ist. Diese Erscheinung erklärt sich theils aus dem mit vermehrtem Zufluß verbundenen vermehrten Druck des süßen Wassers, welches, wie Versuche in Steinsalzlagern zeigen, sich um so schneller in Salzwasser verwandelt, je größer der Druck ist, theils dadurch, daß ausgelaugte Höhlungen in Steinsalz durch vermehrte Wassermenge nicht nur an der Seite, wie bei geringer Wassermenge, sondern bis zur Decke berührt und aufgelöst werden.

Es liegt nahe, obige in Beziehung auf die Salzquellen aufgestellte Auflösungstheorie auch auf alle anderen Mineralquellen auszudehnen, und in der That zeigen auch Beobachtungen, daß in der Nähe von Mineralquellen, welche wir nicht zu den Salzquellen rechnen, diejenigen Gebirgsarten in großer Verbreitung vorkommen, welche an Bestandtheilen, die in diesen Quellen die vorwaltenden sind, einen unerschöpflichen Vorrath besitzen, und daß überall, wo dieselben Wasser bekannt sind, auch dieselben Gesteine sich wieder vorfinden. Solche Beobachtungen waren es daher auch, welche weitaus die meisten Naturforscher bestimmt haben, sich für die Auflösungstheorie zu erklären. Steffens jedoch und einige andere Gelehrte, denen unbegreifliche Vorgänge im Innern der Erde willkommener sind, als die Wirkungen einfacher Naturgesetze, oder die wol von der Annahme solcher geheimnißvollen Prozesse eine erhöhte Meinung von der medizinischen Wirksamkeit der Heilquellen erwarten, stellten gegen die Auflösungstheorie das Argument auf, daß die Erde so viele Bestandtheile nicht hergeben könne, als die bereits seit vielen Jahrhunderten fließenden Quellen geliefert haben und beriefen sich dabei auf die unermeßliche Menge von Kochsalz mancher Quellen, sowie auf andere Bestandtheile derselben, deren Quantität bei einigen in der That erstaunenswürdig ist. So liefert z. B. der Sprudel von Karlsbad, den man seit mehr als 450 Jahren kennt, jährlich 746884 Pfd. Natron, 1132932 Pfd. Glaubersalz, 238209 Pfd. Kochsalz, 86020 Pfd. Kalkerde, 17369 Pfd. Kieselerde, 1240 Pfd. Eisenocher und 99530 Kubikfuß kohlensaures Gas *). Wie hilft sich dieser enormen Menge von Bestandtheilen gegenüber, welche die genannte Quelle und in ähnlicher Quantität auch andere Quellen jährlich liefern, die wissenschaftliche Phantasie? Sie läßt die Bestandtheile der Berge eine Volta'sche Säule bilden, und als solche durch Potenzirung aus unbekannten Stoffen oder blos durch schaffende Kraft den Gehalt der Quellen

*) Obige Angaben sind aus Muncke; Andere geben noch größere Mengen an.

erzeugen. „Allein, sagt Muncke, man erkennt in solchen Hypothesen offenbar das Bestreben, die Naturkräfte auf unbekannte Kräfte zurückzuführen, denn sonst hätte das Widersprechende auffallen müssen, welches darin liegt, daß die nämlichen Berge als produzirende Maschine dazu ausreichen sollten, wozu sie als Produkt für unzureichend gehalten werden, da sicher noch nie eine Volta'sche Säule eine eben so große Menge Erzeugnisse der Zusammensetzung oder Zerlegung geliefert hat, als ihr eigenes Volumen beträgt. Noch auffallender aber mußte es bei dieser Hypothese sein, daß sie sich der Mühe überhob, zugleich nachzuweisen, woher denn die vermeintliche Säule die durch Zusammensetzung oder Zerlegung erzeugten Bestandtheile der mineralischen Quellen genommen habe, da sie doch aus Nichts zu schaffen unmöglich das Vermögen haben kann." Was nun weiter die ungeheuren Massen betrifft, welche die Karlsbader Quellen jährlich zu Tage fördern, so wird gewiß Niemand leugnen wollen, daß dadurch im Laufe von Jahrhunderten und Jahrtausenden gewaltige hohle Räume im Innern des Berges entstehen müssen, welche, wenn diese Massen alle an einem einzelnen Punkte aufgespeichert lagen, vorher von denselben ausgefüllt waren. Allein leicht dürfte man sich, auch bei dieser Voraussetzung, die entstandenen hohlen Räume viel zu groß vorstellen. Hoff hat in seiner Abhandlung über Karlsbad den Gegenstand der Berechnung unterworfen und gefunden, daß der Inhalt dieser im Laufe eines halben Jahrtausends weggeführten festen Massen erst dem eines Würfels von 410 par. Fuß gleich sein würde. Solcher Würfel wären aber 14 erforderlich, um hinsichtlich ihrer Grundfläche nur das Areal der Stadt Karlsbad zu bedecken, während sie nach ihrer senkrechten Dimension noch lange nicht die Höhe der das Thal der Stadt einschließenden Wände erreichten. Nimmt man aber die Masse, welche die Karlsbader Quellen ausgelaugt haben, so groß an, so zeigt ferner die Berechnung, daß sie hingereicht hätte, um während eines Zeitraums von 7000 Jahren diese Quellen mit ihren jetzigen Bestandtheilen zu versorgen, und die Höhlung selbst, welche durch die allmälige Wegnahme dieser Masse entstanden wäre, müßte relativ klein erscheinen und könnte keine Besorgnisse möglicher Einstürze veranlassen, da heiße Quellen ihren Heerd tief im Erdinnern haben. Andere Berechnungen zeigen, daß ein Salzlager von der Ausdehnung desjenigen von Wieliczka in Galizien, welches das größte in Europa ist, hinreichen würde, um Quellen, wie diejenigen von Karlsbad, mit einem gleichen Gehalt fester Bestandtheile auf mehr als 174000 Jahre zu versehen. (Nach Berghaus.) Der Bergbau auf Steinkohlen beweist es, daß Erdaushöhlungen von Dimensionen, wie die zuletzt bezeichnete, wenn sie nicht dicht unter der Erdoberfläche liegen, selbst unter der gemachten Voraussetzung, keine Erdstürze bewirken könnten. Allein die Stoffe, welche die Mineralwasser aus dem Innern der Berge mitbringen, sind dort keineswegs,

wie angenommen wurde, in einem abgesonderten Lager beisammen, sondern sie liegen überall im Berge vertheilt. Schon der Wasserreichthum der meisten mineralischen Quellen deutet auf ein weit verzweigtes Wurzelsystem, das sich im Gebirg um so mehr nach allen Seiten und Richtungen mit seinen entfernteren Wurzeln ausbreiten wird, aus je größerer Tiefe die Quelle stammt, es wird daher sicher das Gebiet der Gebirgsarten, welche durch die einzelnen Wasserwurzeln der Quelle ausgelaugt werden, in den meisten Fällen als sehr ausgedehnt angenommen werden müssen. Leopold v. Buch betrachtet die aus größerer Tiefe hervortretenden Quellen als das Ergebniß aus dem Zusammentritt einer unzähligen Menge feiner Tropfen (Schwitzwasser), deren jeder einen Theil der Stoffe aus seinen Umgebungen mitbringt, und welche, oft aus großer Ferne fließend, bald sich vereinigen und eine Menge feiner Wasserstrahlen bilden, die endlich einen großen Wasserstrahl bildend als Quelle hervortreten. Auch diese Vorstellung von der Sache nimmt ein ausgedehntes Gebiet des Wurzelsystems einer mineralischen Quelle an. Denken wir uns nun die auflösende Kraft des Wassers auf ein solches Gebiet vertheilt, so können wir uns eine dreifache Art, wie sie ihre Wirksamkeit äußert, vorstellen: entweder die Wasserwurzeln sammeln überall in ihrem ganzen Gebiete durch Auslaugung die mineralischen Stoffe der Quelle, dann wird zu einer merklichen Verminderung des Volumens der Gebirgsarten ein sehr großer Zeitraum erfordert; oder es wird den Gebirgsarten ein Theil ihrer Bestandtheile allmälig so entzogen, daß sie dadurch zwar aufgelockert werden, aber keine Verminderung ihres Volumens erleiden; oder endlich die Wasserwurzeln finden einen Theil der Quellbestandtheile an einem einzelnen Orte des Gebirgs beisammen, so wird auch in diesem Falle ein viele Jahrhunderte umfassender Zeitraum nöthig sein, um eine bedeutende Höhlung im Innern des Gebirgs zu erzeugen. Das Gesagte kann genügen, um zu zeigen, daß die große Masse von Stoffen, welche die Mineralquellen mitbringen, kein Argument gegen die Richtigkeit der Auflösungstheorie abgeben kann; man wird aber auch aus der so eben angedeuteten Art, wie die Mineralquellen ihre Stoffe durch Auflösung von allen Seiten her aus den Gebirgsarten, welche sie bis zu ihrem Austritt durchsickern, sammeln, einsehen müssen, daß ein anderer Einwurf der Gegner der Auflösungstheorie sich in einen Beweis für dieselbe verwandelt. Dieser Einwurf stützt sich auf die Unveränderlichkeit des Gehalts der Mineralquellen während langer Zeiträume der Beobachtung. Zwar kann bei dem geringen Alter genauer Analysen und dem Wechsel analytischer Methoden dieser Satz so allgemein nicht einmal mit Zuverlässigkeit ausgesprochen werden; jedoch sollen z. B. die Quellen von Geilnau, Selters und Fachingen noch jetzt dieselben Bestandtheile zeigen, wie vor 78, 33 und 28 Jahren, und dasselbe wird von der chemischen Analyse des Wassers von Karlsbad bezeugt, dessen Bestandtheile

vor 33 Jahren dieselben waren, welche man vor wenigen Jahren darin gefunden hatte. Sieht man auf die Heilkräftigkeit der Mineralquellen, so stehen viele derselben seit vielen Jahrhunderten, manche seit den Römerzeiten, immer in gleichem Rufe, wie Baden, Leuk, Pfäffers in der Schweiz, Aachen, die böhmischen Bäder u. s. w., sie scheinen also ihre Kräfte und Bestandtheile nicht wesentlich verändert zu haben. Diese Unveränderlichkeit des Gehalts mancher Mineralquellen ist nun aber unter der Voraussetzung, daß große Massen gleichartiger Felsarten vorhanden seien, gerade eine direkte Folge aus der Auflösungstheorie; denn gleichwie die aus großen Tiefen stammenden Mineralquellen wegen ihres weitverzweigten Wurzelsystems hinsichtlich ihrer Wassermenge viel weniger abhängig sind von meteorischen Niederschlägen als die an der Oberfläche entspringenden, ebenso kann aus demselben Grunde und unter der gemachten Voraussetzung ihr Gehalt Jahrhunderte ein konstanter sein, weil, wenn von der einen Seite her die Auflösung schwächer zufließt, sie bei solchen Quellen, die von so unzähligen Zuflüssen gespeist werden, sie von einer andern Seite her stärker erscheinen wird, so daß mithin der Gehalt der Quelle so lange unverändert bleiben muß, als das Innere des Berges dem Wasser dieselben Felsarten zur Auflösung darbietet. Wenn dagegen auf der andern Seite in den Wassern mancher anderer Mineralquellen ein beträchtlicher Wechsel ihres Gehaltes beobachtet worden ist, so ist auch dieser nach der Auflösungstheorie sehr leicht erklärlich. Es ist nämlich ganz natürlich, daß wenn durch die Auslaugung eine Stelle im Gebirge aufgelöst ist, das Wasser gar wol in mit andern Bestandtheilen beladene Gebirgsarten sich einen Weg bahnen kann, wobei dann ein Wechsel des Gehaltes der Mineralquelle eine nothwendige Folge ist. So z. B. zeigte das Riepoldsauer Mineralwasser im J. 1806 kohlensaures Natron und kohlensaure Magnesia, während die Analyse im J. 1811 von beiden keine Spur mehr entdeckte, ebenso hat man bei gewissen Salzquellen eine fortwährende Vermehrung des Glaubersalzes bei absolut gleich bleibender Menge von Kochsalz beobachtet; anderer ähnlicher Fälle nicht zu gedenken.

§. 93. Die ganze große Quellenfamilie der Säuerlinge, welche durch Natronsalze unter ihren festen Bestandtheilen charakterisirt ist, zeichnet sich, wie wir gesehen haben, durch Kohlensäure, diesen allen gemeinsamen flüchtigen Bestandtheil aus. Natronhaltige Gebirgsarten gibt es nun vielerlei, namentlich Basalte, vulkanische und manche Urgebirgsarten; allein die genannten Säuerlinge finden sich nur in der Nähe der beiden erstern, wo auch die Kohlensäure erfahrungsgemäß oft in unglaublicher Menge ausströmt. Diese Gasausströmungen dürfen indeß nicht als beschränkt auf Landstriche angesehen werden, wo sich noch jetzt thätige Vulkane befinden, oder welche die deutlichsten Merkmale früherer Vulkanität zeigen, man trifft sie auch in Gegenden, wo keine Spur gewöhnlicher vulkanischer Wirksamkeit wahrzuneh-

men ist. So ist der Austritt von vulkanischem Gas allemal das Ende großer Eruptionen des Vesuv, beständig entwickelt sich Kohlensäure in der Hundsgrotte bei Neapel; in der Auvergne, wo in frühester Zeit Vulkane sehr großartig gewirkt, geben noch heutigen Tages heiße Quellen und ausströmende Kohlensäure das letzte Zeichen einer Vulkanität, die dort in der Erdtiefe fortdauert; um den Laachersee herum und andern Punkten in der Eifel, wo einst ebenfalls alte Vulkane ihr Wesen getrieben, strömt die Kohlensäure in ungeheurer Menge aus; die genannten Gasausströmungen sind aber auf keine Weise verschieden von denjenigen in den Umgebungen der böhmischen Sauerbrunnen, der Kohlensäureentwickelung in einer Höhle nicht weit von den Schulser und Tharasper Quellen im Unterengadin und an andern Orten, wo die Oberfläche keine vulkanischen Gebirgsarten zeigt, wo diese aber wahrscheinlich, verdeckt von jüngeren Gebirgsarten, dennoch in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche vorhanden sind. Tritt nun die ausströmende Kohlensäure mit dem Wasser, das dieselbe begierig absorbirt, in Berührung, so setzt sie dasselbe in den Stand, durch Auflösung sich die andern mineralischen Bestandtheile anzueignen. Auch Schwefelsäure und Salzsäure, welche in Verbindung mit den Basen in vielen Mineralwassern vorkommen, werden am häufigsten von noch thätigen Vulkanen und ohne Zweifel auch in manchen Gegenden erloschener Vulkane ausgehaucht. Man erblickt daher mit Recht in diesen mineralischen Wassern das Produkt einer fortdauernden vulkanischen Regung und erklärt sich daraus auch die hohe Temperatur derselben, die bei manchen seit Jahrtausenden dieselbe geblieben ist. Diese Ansicht wird unterstützt durch die Thatsache, daß in vulkanischen Landstrichen immer zahlreiche heiße Quellen getroffen werden, die sehr wahrscheinlich an der Erhitzung des vulkanischen Heerdes im Innern der Erde Theil nehmen. Wenn der oft bedeutende Wärmegrad anderer Quellen, welche in Landstrichen austreten, die von thätigen oder erloschenen Vulkanen entfernt liegen, durch die mit der Tiefe zunehmende große Wärme des Erdinnern erklärt wird, so dürfte am Ende diese Erklärung von der ersteren nicht sehr verschieden sein, insofern man mit Humboldt unter Vulkanismus im weitesten Sinne dieses Wortes die Reaktion versteht, welche das (heiße) Innere der Erde auf ihre Rinde ausübt. Auf die hier kurz berührte Ursache der hohen Temperatur der mineralischen Wasser scheint auch die Erfahrung hinzudeuten, daß die Quellen einen niedrigern oder höhern Wärmegrad besitzen, je nachdem ihr Ursprungsort höher oder tiefer liegt, daß für heiße Quellen somit eine große Tiefe, woher sie stammen, angenommen werden muß. Eine gleiche Bewandtniß hat es ohne Zweifel auch mit den warmen Schwefelquellen, deren Schwefelwasserstoffgas ebenfalls zu den vulkanischen Aushauchungen gehört. Sie entspringen zwar meistens unmittelbar aus dem Urgebirg, oder doch aus Spalten von Gebirgsarten sehr alter Formation;

aber auch alsdann ist es sehr leicht möglich, daß sie, wie ihre Bestandtheile, so auch ihre Wärme durch Zuleitung von einem näher oder entfernter liegenden vulkanischen Heerde erhalten. Die frühere Herleitung der hohen Temperatur der Thermen von Schwefelkieslagern und Steinkohlenbränden wird einfach widerlegt theils durch die Bestandtheile der Quellen, theils durch die Jahrtausende andauernde Konstanz ihres Wärmegrades. Einige der vorzüglich heißen Quellen sind: die auf den Azoren von 36°, 88° und 100° C., die Quelle Kukurli bei Brussa in Bithynien von 87°,5 C., eine Quelle von 82° C. am Kap, die Quelle von Chaudes-Aigues im Depart. Cantal von 80° C. (deren Wärme von 60° auf 80° gestiegen ist), der Sprudel von Karlsbad von 75° C., Baden-Baden von 70°—75° C., Aachen von 72° C., Wiesbaden von 66° C., Ems von 57° C., Leuk von 50° Wärme, und einige andere, die zum Theil schon oben, §. 91, angeführt worden sind.

„Verschiedene Aerzte, schreibt Muncke, theils um die Heilkraft der heißen Quellen in's Wunderbare zu erheben, theils weil sie aus Mangel an Kenntniß der eigentlichen Naturgesetze zum Aberglauben geneigt waren, hegten und verbreiteten die Meinung, die Wärme des natürlichen heißen Wassers mache auf den thierischen und vegetabilischen Organismus einen anderen Eindruck als die des künstlich erhitzten. Namentlich könne ersteres bei höherer Temperatur mit geringerer Gefahr und mit geringerem Widerwillen getrunken werden, als letzteres, erhalte frische Pflanzen vielmehr statt sie zu zerstören, und verliere unter gleichen Bedingungen seine Wärme später. Diese letztere Behauptung, welche am genauesten durch die Erfahrung geprüft werden kann, ist jedoch durch wiederholte Versuche mit dem heißen Wasser von Bourbonne und Wiesbaden genugsam widerlegt. Auf ähnliche Weise waren und sind noch jetzt mehrere Aerzte geneigt, den natürlichen Mineral- und Thermalquellen andere, von unbekannten Kräften ausgehende, Wirkungen beizulegen, als welche aus ihren Bestandtheilen und ihrer Beschaffenheit folgen, weswegen sie auch einen Vorzug vor den künstlichen haben sollen. Ein scheinbares Argument für diese Behauptung wird daraus entnommen, daß frühere Analysen in einigen Mineralwassern geringe Antheile von Stoffen nicht entdeckt haben, welche durch spätere gefunden wurden. In Beziehung hierauf ist es allerdings richtig, daß ein künstliches Mineralwasser die Wirkungen eines natürlichen so viel weniger hervorbringen wird, je weniger genau es demselben nachgebildet ist, obgleich Bestandtheile, welche wegen ihrer geringen Menge noch gegenwärtig bei genauester Analyse nicht wahrgenommen werden, schwerlich von merklichem Einflusse sein können." Im Ganzen zeigt jedoch der Glaube an das Vorhandensein unbekannter Potenzen, wie sehr man von der ältesten bis zu der jetzigen Zeit herab geneigt war, verborgene Kräfte (qualitates occultas) anzunehmen; die Behauptung selbst aber ist neuerdings durch die namentlich von Struve mit

größter Genauigkeit nachgebildeten künstlichen Mineralwasser genügend widerlegt, welche in ihren Wirkungen den natürlichen völlig gleichkommen *).

Was endlich die gewöhnliche Eintheilung der Mineralwasser in kalte und warme (Thermen) betrifft, so ist diese Unterscheidung eine sehr relative, da die Temperaturen durch unzählige Uebergänge vermittelt werden können, und hat mehr Wichtigkeit für den Arzt, als für den Naturforscher. Nur bei den Schwefelwassern ist, aus dem oben §. 91 angegebenen Grunde, ihre Anwendung zweckmäßig.

2. Flüsse.

§. 94. Das an der Oberfläche des Bodens in Strombetten oder Rinnsalen fließende Wasser ist in den meisten Fällen eine Fortsetzung desjenigen, welches unter der Oberfläche zu den Ursprungsorten der Quellen führt, aus welchen es entspringt; es kommt aber auch von Gletschern der Hochgebirge, oder entspinnt sich aus wiesenartigem, weichem und wasserhaltigem Boden, oder entsteht aus Seen und Sümpfen, oder bricht endlich unmittelbar aus der Erdrinde hervor. Die letztgenannte Art des Anfangs fließenden Wassers ist eine Vereinigung der ersten und vierten, wie das Beispiel der Sorgue zeigt, die in der Provence aus der berühmten Quelle von Vauclüse entspringt, und von der schon §. 89 die Rede war. Diese Quelle ist in der Tiefe von nackten, mauerartig emporstrebenden Kalkfelsen ein etwa 150 Fuß langes und 90 Fuß breites Bassin eines klaren, reinen Wassers, welches aus mehrern Quellen rechts und links hervorsprudelt. In der rechten Ecke befindet sich eine 12 Fuß breite und 8 bis 10 Fuß hohe Oeffnung, welche den Eingang zu einer geräumigen Höhle bildet, die

*) Struve ahmte zur Erzeugung künstlicher Mineralwasser den Gang der Natur nach und erzeugte auf diesem Wege z. B. Sauerbrunnen, welche den natürlichen so vollkommen als wünschenswerth gleichkommen. Er fand, daß wenn er Klingstein aus dem böhmischen Mittelgebirge unter starkem Druck von kohlensaurem Wasser durchstreichen ließ, und inzwischen noch freie Kohlensäure zuführte, ein Wasser dadurch erzeugt werde, welches mit dem Biliner Wasser, das am Fuße von Klingsteingebirgen entspringt, in seiner Zusammensetzung und in seinen physischen Eigenschaften eine sehr nahe Uebereinstimmung zeigt; eben so gelang es ihm auch durch Behandlung des Porphyrs, aus welchem die Quellen von Teplitz entspringen, ein Wasser zu erzeugen, das völlig die Verhältnisse der Zusammensetzung des Teplitzer, wenn gleich nur etwa die Hälfte seiner festen Bestandtheile hatte. Ich habe diese erfolgreichen Versuche Struve's hier hauptsächlich auch aus dem Grunde besonders erwähnt, weil sie den faktischen Beweis liefern, daß die Mineralquellen durch Auslaugen der in den Gebirgen enthaltenen Fossilien erzeugt werden.

bei ihrer trichterförmigen Gestalt sehr tief zu sein scheint. Im Hintergrunde rechts sieht man den Eingang eines zweiten Sees, der für die Hauptquelle gilt und die Fortsetzung des ersten ist; er sendet sein Wasser in eine dunkle Höhle. Bei niedrigem Wasserstande ist das Bassin etwa 3 Fuß tief; wenn derselbe aber höher wird, so erscheinen neue Quellen, von denen einige aus dem Boden des Bassins springen; die unterirdischen Seen erhöhen ihr Niveau, die vorhin genannte Oeffnung schüttet eine ungeheure Masse Wassers in einer Cascade aus; beim höchsten Wasserstande steigt das Wasser 15—20 Fuß über den niedrigsten und schlägt alsdann Wellen gleich denen eines sehr unruhigen Meeres. Man sieht hieraus, daß die Sorgue die Entladung unterirdischer, von reichlichen Quellen gespeister Wasserbehälter ist, die es möglich machen, daß der Fluß von seiner Quelle an fahrbar ist. — Der Anfang des fließenden Wassers heißt Riesel, oder, wenn er größer ist, Bach. In Gebirgsländern heißen die Bäche Wald-, Gieß-, Sturz- und Wildbäche, Benennungen, die sich zum Theil von selbst erklären. Diese Bergwasser entstehen entweder aus Quellen, oder aus geschmolzenen Schnee- und Eislasten der höchsten Gebirgskämme, graben sich, je nach der Beschaffenheit des Bodens, im Gebirgsabhang schnell ein tiefes Bett ein, waschen, wie namentlich die Wildbäche, alles lose Erdreich von den Felsen ihres ganzen Gebietes ab, stürzen in oft prächtigen Cascaden über den festen Fels, erhöhen durch Ablagerung von Schlamm und Steintrümmern den Boden, oder führen, besonders nach heftigen Regengüssen, ihr schweres Geschiebe verheerend über Aecker und Wiesen. Die einen dieser Gebirgswasser fließen das ganze Jahr hindurch, andere nur zu gewissen Jahreszeiten, entweder zur Zeit der Schneeschmelze oder starker Regengüsse. — Aus der Vereinigung mehrerer Bäche bildet sich ein Fluß, der sich unterwegs immer mehr durch Aufnahme neuer Quellen und Vereinigung mit andern Bächen und Flüssen vergrößert, bis er zuletzt zum Strome wird, der sein Wasser dem Meere zuführt. Der Fluß, der andere Flüsse in sein Bett aufnimmt, ist der Hauptfluß, die anderen Flüsse, die an ihrer Mündung in den Hauptfluß ihre bisherige Richtung und ihren Namen verlieren, sind seine Nebenflüsse. Wenn die Wassermasse der meisten Hauptflüsse sich auf ihrem Laufe immer mehr vergrößert, so gibt es, namentlich in heißen Klimaten, doch auch solche Flüsse, bei denen sie sich durch das Uebergewicht der Verdunstung, oder durch das Eindringen in den Boden über die Zuflußmenge vermindert. Die Wadis Arabiens, die Steppenflüsse Nordafrika's, manche Flüsse in Neuholland trocknen nach längerem Fließen sogar vollständig auf. Flüsse, welche nach einem kurzen Laufe und, ohne zur vollkommenen Ausbildung gekommen zu sein, in's Meer fallen, heißen Küstenflüsse.

Im Hauptflusse mit seinen Nebenflüssen wiederholt sich gewissermaßen das Wurzelsystem einer Quelle, das aus ihren vielen verborgenen Zuflüssen

besteht; er gibt uns von seiner Mündung aufwärts in alle seine Zuflüsse das Bild einer baumartigen Verzweigung, die man Fluß- oder Stromsystem nennt, während daß das Land, welches von ihm und von allen seinen Armen und Verzweigungen bewässert wird, Fluß- oder Stromgebiet heißt; die äußerste Zone eines Flußgebietes, worin die meisten und wichtigsten Zuflüsse entspringen, ist der Quellenbezirk oder das Quellenrevier. Es ist klar, daß diese beiden Benennungen auch auf die Nebenflüsse und selbst auf Bäche angewandt werden können. Die größten Stromgebiete gehören den Strömen Amerika's an, wo der Amazonenfluß ein Stromgebiet von 106000 Quadratmeilen, der Missisippi von 61400, der la Plata von 55400 Quadratmeilen hat; in Asien umfaßt das Stromgebiet des Obi 57000, des Jenisei 48600, der Lena 37100, des Jantse-Kiang 34200, des Hoangho 33600, des Ganges und Burемputer 27000 Quadratmeilen; in Afrika das des Nil 32600 und in Europa das der Wolga 24800, der Donau 14600, des Rheins 4080 Quadratmeilen. Eine von der Hauptmündung eines Stromsystems gezogene, dasselbe halbirende Linie gibt die mittlere Stromrichtung an, und man hat auf solche Weise die merkwürdige Wahrnehmung gemacht, daß die nach Osten fließenden Ströme über die nach Westen fließenden entschieden das Uebergewicht haben, woraus eine sanftere Verflachung der Kontinente nach der Ostseite, ein steileres Abfallen nach der Westseite hervorgeht. Hingegen zeigt es sich, daß die nach Norden und Süden abfallenden Stromgebiete nicht sehr von einander abweichen.

Das Fließen des Wassers ist seine Bewegung, diese ist aber nur auf einer geneigten Fläche möglich, auf welcher das Wasser unter dem Einfluß der Schwere nach den Gesetzen des Falles (§ 4, a) gegen die tiefer gelegenen Punkte rinnt. Daraus geht von selbst hervor, daß der Ursprungsort eines Stromes höher als sein weiterer Verlauf bis zu seiner Mündung sein, daß demnach auch der Boden, über welchen er fließt, sich gegen das Meer hin, in das er mündet, senken müsse. Da dasselbe nun auch mit allen seinen Nebenflüssen der Fall ist, so erhält dadurch das ganze Stromgebiet eine gegen seine Hauptrinne, das Bett des Hauptstromes, und mit diesem eine gegen das Meer hin abgedachte Lage. Das Flußgebiet formirt auf solche Weise ein Becken, dessen Boden die Hauptrinne oder der Thalweg des Stromes bildet, dessen Seitenwände von den Bächen und Flüssen netzförmig durchzogen werden und dessen Ränder aus dem Quellenbezirk bestehen. Hier ist die Grenze des Stromgebietes, wo dasselbe benachbarte Stromgebiete berührt; der Quellenbezirk bildet somit die Wasserscheide benachbarter Flußgebiete, eine wellenförmige Linie zwischen den nach verschiedenen Gebieten ablaufenden Gewässern. Lange Zeit wurde von der Ansicht ausgegangen, daß die Wasserscheiden sich auf den höchsten Erhebungen eines Erdraumes, sowie, daß die Hauptwasserscheiden der Erdtheile sich auf deren höchsten Ge-

birgen vorfinden müßten, und Kartographen zeichneten auf der Wasserscheide größerer Ströme und Flüsse Gebirge, wo sich oftmals entweder gar keine oder nur unbedeutende Erhebungen, oder allgemeine Bodenanschwellungen befanden; minder bedeutende Gebirgszweige sendeten sie auf den Wasserscheidungslinien der Nebenflüsse, nach Maßgabe ihres Wasserreichthums ab, und glaubten auf diese Weise die wirkliche Natur der Bodenoberfläche in der Vertheilung ihrer Unebenheiten kopirt zu haben. Es läßt sich nicht läugnen, daß gegen diese Ansicht sich nicht viel einwenden ließe, wenn die Vertheilung der Unebenheiten auf der Bodenoberfläche lediglich ein Werk des jetzt auf ihr fließenden Wassers wäre, indem, wo Wasser wirkt, es immer darnach strebt, eine Oberflächengestalt zu erzeugen, wie jene Kartographen sie entworfen haben. Allein die Oberfläche der Kontinente ist gar nicht überall durch Wasserspülung gestaltet und geordnet worden, ganz andere Ursachen haben ebenfalls auf sie eingewirkt und ihre Gestalt von der gegenwärtigen Vertheilung und Wirkung der fließenden Gewässer unabhängig gemacht. „Gebirge, sagt Berghaus, haben sich in verschiedenen Perioden der Erdbildung erhoben, und die Furchen zerstört und unterbrochen, welche vielleicht ältere Meeresströme darauf zurückgelassen haben. Einzelne Theile der Erdrinde sind abwechselnd bald Festland, bald Meeresboden gewesen und ein von der jetzigen Vertheilung der Gewässer ganz unabhängiges Netz von Erhöhungen und Vertiefungen ist dadurch auf ihnen gebildet worden. Es erscheinen also die Ursachen von der gegenwärtigen Oberflächengestalt der Erdrinde als ein sehr verwickeltes Problem, zusammengesetzt aus den Wirkungen der wieder so mannigfachen verändernden Einflüsse aller Epochen, denen die gegenwärtige Vertheilung der fließenden Wasser sich nach lokalgünstigen Umständen anschmiegt, um neue sekundäre Veränderungen zu erzeugen, da sie die Grundzüge der Gestaltung nicht mehr zu bestimmen vermag. Ihre Berücksichtigung kann daher nur zur Auffassung der Erdgestalt in sehr untergeordnetem Sinne dienen, nicht aber als leitendes Prinzip bei der Betrachtung eines Verhältnisses angenommen werden, das ihrem Einflusse nur einen so untergeordneten, wenn gleich immer der Berücksichtigung werthen Theil seiner Eigenthümlichkeit verdankt." Diese Betrachtung wird in der That durch die Erfahrung vielfach bestätigt. So zeigt es sich an manchen Orten, daß Gebirge gar keinen, oder doch einen im Verhältniß zu ihrer Größe und Höhe unbedeutenden Einfluß auf die Wasserscheiden ausüben, wie wir z. B. an den Karpathen und Alpen wahrnehmen. Jene, die dammartig Galizien und Ungarn trennen, scheinen beim ersten Blick auf die Karte den Gesetzen der Spülungen ganz zu entsprechen und eine vollkommene Wasserscheide zwischen der Donau und Weichsel zu bilden, namentlich sollte man erwarten, in dem 8000 Fuß hohen Tatra entschieden die Scheidung der Quellbezirke beider Ströme anzutreffen. Allein gerade ent-

gegengesetzt entspringt die Arve, welche sich mit dem Waag verbindet und zur Donau abfließt, auf der Nordseite des Gebirgs in Galizien, der Poprad dagegen, welcher zum Dunajez und mit diesem zur Weichsel geht, hat seine Quelle in Ungarn, auf der südlichen Seite des Tatra; er umgeht sie im Osten, um nach Norden auszutreten; seine Wasserscheide von den Quellen des nächsten zur Donau strömenden Flusses, des Hernad, liegt gar nicht im Gebirge, sondern daneben auf einer Fläche von 1860 Fuß Höhe. Gerade hier aber müßte nach den Gesetzen der Spülung das hohe Gebirge liegen. Im Norden der Alpen, zwischen ihnen und dem Jura, dehnt sich vom Genfersee bis Oberösterreich das großartigste Thal Europa's aus; kein Gebirgszug verbindet die Alpen mit dem Jura, die Berge der niederen Schweiz und Südbaierns erscheinen darin wie Hügel auf dem Boden eines weiten Seebeckens. Hier ist eine tiefe ursprüngliche Furche, und man sollte nichts anderes erwarten, als daß die Gewässer vom Südabhang des Jura und der Nordseite der Alpen diesem tiefen Boden zufließen würden, einem Hauptstrome, der sie nach der weiten Oeffnung des Thales in Osten abführt. So ist's nun allerdings im Osten, wo die Donau der Hauptstrom dieses Längenthals ist, wenn gleich sie nicht in der Mitte dieses Thales fließt; allein ihr Beginn liegt doch erst nordwärts des Bodensees. Dort tritt weiter westlich der Rhein in dasselbe Thal, und indem er quer durchläuft, verläßt er es in der Richtung von Schaffhausen nach Basel, und tritt dann zwischen andere Bergsysteme. Scheidet nun die Becken beider Ströme vielleicht ein Zweig der Alpenin der Richtung vom Bodensee zum Schwarzwald? Keineswegs; die Wasserscheide ist ein völlig ebenes, flaches Schuttland, das da, wo wir die Scheidungslinie ziehen müssen, sich sehr sanft zu kaum 300 Fuß Höhe erhebt. Dasselbe ist der Fall mit der Rhone, die im Südwesten in dieses Längenthal eintritt, quer durch dasselbe hindurch geht und unterhalb Genf in's südliche Frankreich fließt; auch sie wird durch keine nennenswerthe Bergkette von den Zuflüssen des Rheins geschieden, vielmehr ist man mit dem Projekte umgegangen, den Genfersee mit dem Neuschatellersee durch einen Kanal zu verbinden. In anderen Fällen bemerkt man, daß *die Flüsse sich in ihrem Laufe so wenig nach dem Laufe und der Größe der Unebenheiten richten, daß sie sie geradezu, oft in der Gegend ihrer größten Erhebung, durchschneiden*, eine Erscheinung, die fast alle großen Ströme darbieten und in Folge welcher es keine bedeutendere Gebirgskette gibt, die nicht irgendwo einmal quer auf ihrer Streichungslinie durchschnitten würde. In Europa ist Spanien ganz eigentlich das Land der Durchbrüche von Flüssen durch ansehnliche Bergketten, und in Deutschland gibt uns der Rhein das beste Beispiel für dieselben. Schon die Alpen durchschneidet er in einem der

engsten und tiefsten Risse, die in ihnen vorkommen, vom Rheinwald herab bis in die Gegend von Hohenems; dann breitet er sich in dem Becken des Bodensees aus, und durchbricht hierauf neuerdings die gegenüberliegende Mauer des Jura, wo er die Stürze von Schaffhausen und Laufenburg bildet. Bei Basel hat er dieses Gebirge hinter sich und wendet sich nun nordwärts zwischen zwei parallelen Gebirgsketten, dem Schwarzwald-Odenwald und den Vogesen. Bei Bingen aber stellt seinem Laufe das niederrheinische Schiefergebirge einen mächtigen Damm entgegen, der im Taunus und Hundsrück sich fast quer der Richtung seines Laufes entgegenstellt, ohne diese jedoch zu ändern. Der mächtige Strom tritt bei Bingen in eine enge Felsenpforte und fortan begleiten ihn auf beiden Seiten fast 12 Meilen lang die Ränder des Schiefergebirges, bis bei Bonn sich die Berge erniedrigen oder zurückweichen und der Strom frei in die Ebene tritt. Hier sind die Wasserscheiden so sehr im Gegensatz der früheren Ansicht vertheilt, daß die zahlreichen Nebenflüsse des Rheins sogar von den Rändern des Gebirges kommen und in's Innere desselben fließen. *Es gibt ferner bedeutende Strecken auf der Erdoberfläche, wo die bedeutendsten Wasserscheiden ohne alle Gebirge Statt finden*, und Beispiele dafür bietet Nordasien, Nordamerika und das östliche Europa dar. Eine der Hauptwasserscheiden Europa's liegt im Inneren von Rußland und scheidet die Zuflüsse der vier das Land umgebenden Meere; die Wassermenge, welche von diesem Wassertheiler nach allen Richtungen durch die Quellen und tributären Flüsse abgeführt wird, ist viel bedeutender als diejenige, die von den Alpen kommt, und dennoch macht hier kein Gebirge, wie dort, die Wasserscheide, sondern ein ungeheures Sumpfland im Gouvernement Minsk, das nahe an 1500 geograph. Quadratmeilen groß ist. Aehnliche Verhältnisse finden wir in Nordamerika, wo die Scheiden der Stromgebiete ebenfalls nicht durch Gebirge, sondern durch Landseen gebildet werden, wie in der norddeutschen Ebene. Endlich bemerkt man zuweilen, *daß mehrere unabhängige Flüsse in einem und demselben Hauptthale oft nach verschiedenen Richtungen fließen, und daß selbst sogar ein Zweig des einen sich in den anderen ergießt, so daß alsdann gar keine Art von Geschiedenheit der Stromgebiete mehr Statt findet.* Dieser Fall, gewiß der merkwürdigste von allen, der für die Unabhängigkeit der Gebirgsvertheilung von den Wirkungen der strömenden Gewässer zu sprechen scheint, ist freilich nur sehr selten, und in der Geographie unter dem Namen der *Gabelung* oder *Bifurkation* der Flüsse bekannt. Bei einem sehr geringeu Wechsel von Erhebungen und Vertiefungen kann nämlich der Fall vorkommen, daß die Hauptrinne, oder der Thalweg eines Stromgebietes nicht in der Mitte eines Beckens liegt. Sind die Zuflüsse auf der einen Seite vermöge der ursprünglich von andern Ursachen herrührenden Steigerung des Bodens sehr lang, auf

der andern aber sehr kurz, so kann der Hauptstrom sehr nahe an der Wasserscheidungslinie selbst fortfließen; und findet in dieser irgendwo eine Vertiefung Statt, so kann, besonders wenn dieser Strom sehr breit ist, und also der Boden seines Bettes eine wellenförmige Gestalt hat, sehr leicht eine Bifurkation eintreten. Ein Theil seiner Wassermasse verläßt das ursprüngliche Thal und kann aus einem benachbarten nicht wieder zurückkehren. Die Erscheinung des Gabelns ist daher zu erwarten, wo bei großer Wassermasse die Ströme ihr Bett noch nicht hinreichend ausgearbeitet haben, wo sie in den Ebenen umherirren, wie die kleinen, nach allen Richtungen sich verzweigenden Wasserfurchen auf unseren Wiesen. Verhältnisse, welche zu solchen Erscheinungen Anlaß geben können, bietet uns vorzugsweise Amerika dar; dort treten der Orinoco und Amazonenstrom mit einander in Verbindung durch den Cassiquiare, der so groß ist, daß er in Europa zu den bedeutendsten Flüssen gezählt werden würde. Andere Beispiele dieser Art bietet in Hinterindien der Menam und Cambodja, im nördlichen Schweden die Tornea- und Calixelf, im nördlichen Deutschland die Weser und Ems, welche durch einen Arm der Haase mit einander verbunden sind. (Nach Hoffmann). Dies mag genügen, um zu zeigen, wie wenig das frühere Prinzip, nach welchem man die Wasserscheiden entwarf, in der Wirklichkeit seine Anwendung findet, und wie mit der Eintheilung der Länder in Stromgebiete gar keine natürliche Unterscheidung der großen Hauptformen gegeben ist, in welche das Festland zerfällt; ja zuweilen ist es nicht einmal möglich, sie vollkommen scharf durchzuführen.

Ströme, welche mehr oder minder zur Vollendung gekommen sind, erreichen entweder das Meer, oder münden in ein abgeschlossenes Wasserbecken: jene nennt Ritter ozeanische, diese nicht-ozeanische oder kontinentale Ströme, und beiden kommen von ihrem Ursprunge bis an's Ende drei Hauptstufen der Entwickelung zu, welche man den Oberlauf, Mittellauf und Unterlauf der Ströme nennt. Den Oberlauf des Hauptstromes finden wir da, wo sein System noch in der Nähe des Quellenbezirkes ist; er besteht im Hochgebirge, das ich hier vornämlich im Auge habe, aus den schäumenden und tobenden Gebirgswassern, die sich in ihm vereinigen und aus denen der eigentliche Bergstrom hervorgeht. Dieser unterscheidet sich von den in ihn fließenden Gebirgswassern nur durch seine größere Wassermasse und das größere Thal, in dem er fließt, zeigt aber, wie sie, meistens dieselbe regellose Strömung. Wo das Strombett des Oberlaufes eine bedeutende Neigung hat, da bricht sich der Bergstrom schäumend zwischen Felsenblöcken seine Bahn und wälzt dieselben bei Hochwasser mit sich fort. Meistens sind die Gebirgsthäler, in denen er strömt, tief eingeschnitten, und die einzelnen Berge überragen sein Niveau oft um 6 — 8000 Fuß. Große Längenthäler gestatten ihm Raum, sein Flußbett mehr auszubilden und sich durch die

schaffende Thätigkeit des fließenden Elementes in weiten Wiesen= und Feldflächen zwischen den begleitenden Gebirgsketten einen gleichförmigeren Fall zu schaffen; selbst in großen Querthälern gibt es mehrfach über einander aufsteigende, schwach geneigte Thalböden, auf welchen der Bergstrom ruhiger fließt, und wo durch seine Anschwemmungen und durch das Zurücktreten der Felsenwände bewohnbare Flächen entstehen; der Bergstrom durchfließt oft 2 — 3 solcher beckenförmiger Thäler, die aber nur durch steile und spaltenartige Gebirgsklüfte mit einander zusammenhängen. Auf solche Weise wechselt ein ruhigeres und gleichförmigeres Fließen durch breite Auen mit einem furchtbaren, regellosen Stürzen durch Spalten, die mehrere über einander liegende Stufen von oft 3 — 4000 Fuß Gesammthöhe mit einander verbinden. Wenn durch Regengüsse oder zur Zeit der Schneeschmelze die Wild= und Gießbäche anschwellen, dann bedeckt der Bergstrom einen bedeutenden Theil des Thalgrundes mit Kies und Sand und wälzt sich, jeder Eindämmung spottend, in Schlangenlinie von der einen Seite auf die andere. Tritt der Strom aus dem Gebirgsland heraus, so beginnt seine Schiffbarkeit, und sein regelloser Lauf hört auf, bei den Alpenströmen gewöhnlich in der Gegend ihres Austritts aus den Seen, welche sie an der Grenze des Gebirgs= und Hügellandes bilden. Der Strom ist weniger eingeengt, da sich die Thalwände von ihm zurückziehen und weniger steil und plötzlich aufsteigen, wie es dem Charakter des Berg= und Hügellandes angemessen ist; sie lassen daher dem Strom auf dem Boden des Thals einen freien Schauplatz seiner Thätigkeit, auf welchem er nach Begünstigung der Umstände sich seinen Lauf wählen und sein Bette im Verhältniß zu seiner Wassermenge und zu der Geschwindigkeit, mit welcher sie hindurchfließt, sich ausarbeiten kann, und seinen eigenthümlichen Gang geht, indem er von der Gestalt der Thäler den günstigsten Gebrauch macht. Oft ist das Thal des Mittellaufes nur ein weiter, trocken gelegter Seeboden, seine Neigung in der Richtung des Stromlaufes schwach, manchmal sehr gering, und weil der Strom sich freier bewegt und nicht, wie im Oberlauf, durch Felsen und starken Fall genöthigt ist, gradlinig fortzulaufen, macht er mannigfache Windungen und Schlangenläufe, eine Form, die diese Entwickelungsstufe charakterisirt. Werden dabei die großen Krümmungen durch fortgesetzte Arbeit des Stromes abgeschnitten, so entstehen in seinem Bette Sandbänke, Werder, Inseln. Wasserfälle bilden die Ströme nur da, wo sie ihr Bett noch nicht ausgebildet haben, im Mittellauf ist dies nicht der Fall, daher haben sie hier nur noch kleine Stufen in den Trümmern der auf ihrem Boden zurückgebliebenen Felsenriffe zu überschreiten, wodurch Strudel und Stromschnellen entstehen, und mit den letzten derselben tritt der Strom gewöhnlich in seinen Unterlauf ein. Da die Wassermenge des Stromes bereits beträchtlich, sein Gefälle noch immer bedeutend genug ist, so führt er das Geschiebe seiner Zuflüsse weiter und ver=

wandelt es allmälig durch Reibung in Schlamm und Sand, während wir im Oberlaufe neben dem Sand noch kugelförmiges und scheibenartiges großes Geschiebe, selbst Felsblöcke antreffen. Die letzten Felsengen, Zusammenschnürungen und Stromschnellen bezeichnen den Uebergang der Ströme aus dem Mittellauf in den Unterlauf, in welchem bei vielen schon die Herrschaft des Meeres beginnt und das Gefälle sehr unmerklich wird. Obgleich daher die Wassermasse sehr groß ist, so ist doch ihre Geschwindigkeit und Stoßkraft sehr gering, um so geringer, je mehr sich die Stromlinie der Horizontale nähert. Der vom Strom hergeführte und hier niedergefallene Schlamm und Sand bleibt daher liegen, der Strom wird gezwungen, sich neue Kanäle zu suchen, er gabelt und verästet sich, und kann dies desto ungehinderter thun, weil er im Unterlauf in den allermeisten Fällen durch eine ununterbrochene Ebene ohne begleitende Uferränder fließt. Daher in Folge der fortdauernden Ablagerungen stete Aenderungen in der Zahl seiner Zweige und ihrem gegenseitigen Verhältniß, und eine Zertheilung der Strommasse in zahlreiche Mündungen. Der zwischen den äußersten Armen eingeschlossene, vom Strome gebildete eigenthümliche Landstrich ist das Deltland des Unterlaufes. Gegen die alljährlich wiederkehrenden Ueberschwemmungen kann das Flachland, das oft tiefer liegt als das Flußbett, nur durch kostbare Dämme geschützt werden.

§. 95. Die meisten Flüsse haben von ihrem Ursprung bis zu ihrer Mündung einen beträchtlichen Fall. Da nun das Wasser in allen seinen Theilen dem allgemeinen Gesetz der Schwere unterworfen ist und wegen der Beweglichkeit seiner Theile, die Tropfengestalt ausgenommen, niemals einen geschlossenen und an seinen Seiten von fremdartiger Unterstützung freien Körper bilden kann; so fallen seine Theile, sobald sie nicht von einem festen sie umschließenden Körper zusammengehalten werden, immerfort in die Tiefe. Wir wissen nun aus § 4, a, daß beim freien Fall die Progression der Bewegung fortgeht, wie die ungeraden Zahlen, und daß ein Körper, der über eine geneigte Fläche rollt, gleichfalls mit beschleunigter Geschwindigkeit fällt, wenn schon nicht mehr in dem Grade, wie beim freien Fall. Es versteht sich von selbst, daß die Fallgeschwindigkeit wächst, wie die Neigung der schiefen Fläche zunimmt, und daß also die Flüsse im Allgemeinen in ihrem Oberlauf mit größerer Geschwindigkeit fließen müssen, als im Unterlaufe. Ist der Neigungswinkel der Fläche = 1°, so beträgt die Geschwindigkeit des fallenden Körpers nach 10 Stunden Fall 18720 Fuß, das Wasser eines Flusses, welches 10 Stunden lang über eine um 1° geneigte Bodenfläche fließen würde, müßte demnach die angegebene Geschwindigkeit besitzen, wenn dasselbe allein von den Gesetzen des Falles auf einer schiefen Fläche abhängig ist. Die Erfahrung lehrt aber, daß dem Wasser der Flüsse eine solche Geschwindigkeit nie und nirgends zukommt, indem die mittlere Geschwindigkeit der

Flüsse und Ströme in ihrem Mittellaufe nur etwa 3 bis 4 Fuß in einer Sekunde beträgt. So zeigt der Rhein bei mittlerem Wasserstande, nach Beobachtungen im Darmstädtischen, eine Schnelligkeit von 3,1 bis 4,4 Fuß wechselnd, in der Gegend des Siebengebirgs 3,28 bis 4,7 Fuß, in der Stromschnelle bei Bingen dagegen 11 Fuß in der Sekunde, eine vermehrte Schnelligkeit, die rein lokal ist und allemal bei Stromschnellen getroffen wird. Aehnliche Resultate geben die Beobachtungen bei anderen Strömen, indem z. B. der Ganges bei seinem mittleren Wasserstande eine Schnelligkeit von 4,7, der schnelle Amazonenstrom zwischen den Mündungen des Ucavali und Rionegro im Mittel ungefähr 5 Fuß in 1 Sekunde hat, und die Rhone, die vom Genfersee an 1128 Fuß Fall hat, ebenfalls nur 5 Fuß in 1 Sekunde fließt. Diese und andere Beobachtungen zeigen deutlich, daß hier das Gesetz des Falles nicht allein in Anwendung kommt, um so mehr, als nach ihm die mittlere Geschwindigkeit der Ströme während der Dauer ihres Falles beschleunigt werden müßte, da doch die Erfahrung lehrt, daß sie von den oberen nach den unteren Gegenden mehr und mehr abnimmt. Es muß also etwas vorhanden sein, welches die Fallgeschwindigkeit der Flüsse vermindert, und zu den Ursachen dieser Verzögerung gehört zuvörderst die Adhäsion, die, wie wir aus § 6, b wissen, den flüssigen Körpern in vorzüglichem Grade eigen ist, und zufolge welcher das Wasser an den fremden Körpern, mit denen es in Berührung kommt, hängen bleibt und dieselben nur ungerne verläßt. Die unausgesetzte Wirkung der Schwere nöthigt nun zwar das Wasser zum Fließen, es entsteht dadurch ein Konflikt zwischen der Adhäsions- nnd Schwerkraft, und dieser bringt zwischen dem Wasser und den Körpern, denen es adhärirt, dasjenige hervor, was bei festen Körpern als Reiben erscheint. Dies ist nun an den Uferrändern und auf dem Grund des Strombettes der Fall; an beiden Orten ist die Adhäsionskraft bestrebt, das Wasser immer zurückzuhalten, und würde die Schwere nicht überall gleichförmig einwirken, so müßte statt der beschleunigten nach und nach eine retadirte Bewegung, zuletzt sogar Stillstand eintreten. Man sieht leicht, daß dieses beständige Verzögern des Fließens oder der Fallthätigkeit um so größer sein wird, je zahlreicher die Anhaltspunkte sind, welche die Unebenheiten des Bettes dem Wasser darbieten und je mehr es über einen Boden fließt, welcher es durch Ansaugen fester hält, wie z. B. der Thon, Schlammboden in Vergleich mit Sandboden, Felsen u. dgl. Ferner folgt aus dem Gesagten, daß die Bewegung des Wassers an den Stellen, wo sie durch Adhäsion nicht gehemmt wird, am schnellsten sein muß, also über der tiefsten Stelle des Bettes, oder der Stromrinne. Man sieht daher auch dort das Wasser einen ausgezeichnet fließenden Streifen bilden, der die Strombahn heißt, und vermöge der Kohäsion das Wasser an beiden Ufern nöthigt, ihm zu folgen. Da dasselbe aber durch die Adhäsion von den Ufern zurückgehalten und zugleich von der voreilenden

Strombahn nachgezogen wird, so fließt es schräg von den Ufern gegen die Strombahn und bildet die sogenannten Stromfäden. Daraus folgt, daß das Querprofil des Stromes keine horizontale Linie, a b Fig. 43, darstellen kann, sondern wird, da der Strom an der Stelle der Strombahn niedriger steht als an den Rändern, von woher Fall nach der Mitte ist, eine konkave Kurve a c b sein, die gerade über der Stromrinne die stärkste Vertiefung zeigt. Wenn das fließende Wasser symetrisch vertheilt ist, so soll nach Messungen von Hydrotechnikern das Stromprofil allemal diese konkave Gestalt zeigen; so steht z. B. der Rhein bei Düsseldorf 2 bis 4 Zoll an seinen Rändern höher, als im Stromstrich, und es scheint, daß die Größe der Vertiefung mit der Geschwindigkeit der Strombahn zunimmt, bei 5,9 Fuß Geschwindigkeit fand man 4 Zoll, bei 3,1 Fuß nur 1 Zoll 8¼ Linien Tiefe. Im Widerspruche hiermit folgern viele Physiker aus mechanischen Gesetzen, daß bei schneller Strömung das Wasser der Flüsse in der Mitte höher stehe als an den Rändern, daß somit das Querprofil, Fig. 44, an der Oberfläche durch eine konkave Kurve a c b begrenzt sei, deren Scheitel c mit dem Punkt der größten Geschwindigkeit zusammenfällt und also über der Stromrinne liegt, daß ferner die Höhe des Scheitels d c über der Horizontallinie um so größer sei, je größer in c die Geschwindigkeit im Verhältniß zu der an den Rändern a und b. Das Prinzip, von dem man bei der letzteren Ansicht ausgeht, ist dies, daß sich der Druck, den das fließende Wasser ausübt, um eine seiner Geschwindigkeit entsprechende Größe verminderе, weil der aus der Druckhöhe folgende Druck bereits auf die Ertheilung dieser Geschwindigkeit verwendet werde. Da aber das hydrostatische Gleichgewicht verlangt, daß die verschiedenen vertikalen Wassersäulen eines Querprofils gleichen Druck erleiden und ausüben, so müssen die einen durch größere Höhe wieder gewinnen, was sie durch ihre Bewegung verlieren, d. h. der Fluß muß einen konvexen Durchschnitt zeigen. Beobachtungen an Flüssen zeigen nun allerdings, daß dieser Fall vorkommt, derselbe ist dann aber nach der Bemerkung von Berghaus und mannigfachen Erfahrungen von Hydrotechnikern blos die Folge einer lokalen anomalen Eigenschaft des Flußbettes. Zieht sich nämlich ein solches, nachdem es erst weit und zugerundet im Durchschnitt war, plötzlich eng und trichterförmig nach unten zusammen, so muß sich das darauf fallende Wasser, wenn es hindurchkommen will, erheben, und zwar am meisten in der Strombahn, wo es durch Adhäsion den geringsten Widerstand erfährt. Es muß nun das Gegentheil von dem erfolgen, was wir beim konkaven Durchschnitt gefunden, statt daß von den Rändern Fall nach der Mitte ist, wodurch Uferbeschädigungen verhindert werden, fällt jetzt umgekehrt das Wasser von der Strombahn den Ufern zu, und weil es in der Mitte etwas voreilend ist, so wenden sich die Stromfäden rückwärts, entgegen der allgemeinen Bewegung des Wassers. Allein diese wirft sie zurück

und dadurch entstehen an den Seiten der Strombahn wirbelförmige Bewegungen, oder sogenannte Widerströme, die den Ufern gefährlich werden und das sichere Kennzeichen eines konvexen Stromprofils oder jener lokalen Abweichung von der regelmäßigen Form des Strombettes sind. Die Strudel mancher Ströme, wie z. B. die der Donau, sind solche Widerströme, und man begreift leicht, daß sie nicht nur die Schifffahrt gefährlich machen, sondern auch die Schnelligkeit der fließenden Wassermasse verzögern und die einfachen Gesetze der Bewegung perturbiren. Aehnliche Anomalien entstehen, wenn die Strombahn aus der Mitte nach der Seite hin ausweicht, das Wasser wirft sich von der konvexen gegen die konkave Seite des Ufers, der Stromstrich zieht von jener die Stromfäden zu sich hinüber und indem durch den entstehenden starken Druck auf der konkaven Seite das Wasser angehäuft wird und sich aufstaut, wird wiederum ein Abfließen und Wirbeln zur Seite erzeugt und die Schnelligkeit der Bewegung mehr, als sonst der Fall wäre, verzögert.

Die Adhäsion der Wassertheilchen bewirkt ferner, daß die Geschwindigkeit eines Stromes in den verschiedenen Theilen eines und desselben Profils ungleich und am größten da sein wird, wo die Wassertheilchen in ihrer Bewegung am wenigsten durch die Adhäsion gehindert sind. An den Uferrändern und auf dem Grund des Bettes ist sie am größten; die Wassertheilchen, welche diese Stellen berühren, werden am meisten in ihrer Bewegung zurückgehalten, zugleich werden sie die Bewegung der mit ihnen in Berührung stehenden Wassertheilchen durch die Kraft der Kohäsion retardiren, diese Verzögerung wird aber von den Rändern und dem Grund des Strombettes aus immer geringer werden und in der Mitte des Stromprofils das Minimum erreichen. Dort also muß die Bewegung des Stromes am schnellsten sein. Man könnte erwarten, das Maximum der Bewegung in der Mitte der Oberfläche anzutreffen, wo die Wassertheilchen von den Rändern und dem Grund des Bettes am entferntesten sind; allein an der Oberfläche wirkt die berührende Luft ähnlich, wenn auch unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht so stark, wie an den Rändern und dem Boden und verzögert durch Adhäsion den Lauf des Stromwassers in dem Grade, in welchem die Bewegung der Luft dem Lauf des Stromwassers entgegengesetzt ist. Ist der Gegenwind sehr stark, so kann durch denselben eine Retardation erzeugt werden, die das Abfließen des Flusses hindert und ihn zum Uebertreten über die Ufer nöthigt; eine Erscheinung, die unter dem Namen der Sturmfluthen bekannt ist. Aus dem Gesagten geht zugleich hervor und alle Messungen bestätigen es, daß die Geschwindigkeit eines Stromes, so lange er sich in seinen Ufern hält, seinem Wasserstande entsprechen muß; je höher der Wasserstand ist, ein um so größerer Theil der Strombahn wird von der Adhäsion frei, die Fallbewegung wird ungehinderter, die Schnelligkeit des Strom-

strichs größer, und selbst an den Ufern wird das Fließen stärker, je höher an ihnen der Wasserstand ist. Tritt aber die Wassermasse aus, so wird eine sehr große Menge derselben von der Ebene, die sie überschwemmt hat, durch Adhäsion festgehalten, und da die Strombahn, indem sie diese Wassermasse nach sich ziehen soll, viel mehr Widerstand zu überwinden hat, so verwandelt sich der Strom in einen See so lange, bis er wieder in seine Ufer zurücktritt. Je größer also der Wasserstand eines innerhalb seiner Ufer bleibenden Stromes ist, desto schneller fließt derselbe, weil eine größere Masse von Wassertheilchen vom Einfluß der durch die Adhäsion bewirkten Reibung befreit ist; erinnern wir uns aber, daß das Strombett des Oberlaufes höher liegt als das des mittleren und unteren Laufes, so werden wir sogleich einsehen müssen, daß außer dem vermehrten Wasserstande auch noch der Druck des oberen Profils auf die unteren als Ursache der größern Schnelligkeit der Strombewegung zu betrachten sei. Denn wenn ein Fluß seinen Wasserstand erhöht, so schwillt er in seinen oberen Theilen zuerst an, die oberen Profile desselben empfangen mehr Wasser, als die unteren abführen, jedes obere wird, da es fällt und so lange es mehr Wasser hat als das untere, letzteres vor sich herdrücken, und die Folge ist natürlich eine vermehrte Schnelligkeit der Bewegung, welche, durch den Druck der oberen Profile auf die unteren erzeugt, eine fließende Bewegung des Wassers bei ganz horizontalem Boden veranlassen kann. Im Uebrigen gestaltet sich, wie Berghaus bemerkt, dieses Verhältniß bei größeren Flüssen in einzelnen Strecken ihres Laufes sehr verschiedenartig, je nachdem ihr Bett breiter oder enger ist, und besonders je nachdem ihre Nebenströme den einzelnen Theilen mehr oder weniger Wasser zuführen; und es kann ein gleichförmiges Verhalten nur von demjenigen Theile eines Stromes erwartet werden, der zwischen zwei großen Zuflüssen liegt, da die kleineren darauf von geringerem Einflusse sind. — Auch die Verhältnisse, unter welchen ein Hauptfluß ansehnliche Nebenflüsse empfängt, äußern einen bedeutenden Einfluß auf den Stand und die Geschwindigkeit beider, namentlich des letzteren. Soll aus der Vereinigung zweier Flüsse keine Hemmung beider entstehen, so muß der Einfallswinkel ein möglichst spitzer sein, weil in diesem Falle der größere Strom den kleineren nach sich zieht, ohne Unregelmäßigkeiten zu veranlassen. Treffen sich aber beide Flüsse unter einem rechten oder gar stumpfen Winkel, so wirft der Hauptfluß den Nebenfluß von sich, der letztere wird zurückgestaut und kann nur langsam abfließen. Schwillt der Hauptstrom an, so kann dieses Verhältniß so sehr gesteigert werden, daß der Nebenfluß weit hinauf zum Austreten gebracht wird. Dabei tritt dann noch der Uebelstand ein, daß ein solcher Nebenfluß, weil seine Kraft plötzlich gebrochen wird, sein Material schnell fallen läßt und dadurch eine Versandung der Mündung und

des Hauptflusses verursacht, während bei einem spitzen Einfallswinkel der Hauptfluß das Material des Nebenflusses mit dem seinigen vermischt.

Es ist endlich noch eine Ursache, welche auf die Geschwindigkeit der Strombewegung, sowie auf die Bildung von Inseln und Deltas von Einfluß ist, nicht unbeachtet zu lassen, nämlich das Material, welches die Flüsse entweder fortstoßen oder schwebend fortführen; es heißt Geschiebe und wenn sich mit der gradlinigen oder progressiven eine rotirende Bewegung verbindet, Gerölle, d. h. durch die rollende Bewegung abgerundete Gesteinstücke. Dieses Material besteht aus Felsblöcken, Kies, Sand und Schlamm; Felsblöcke findet man oft in großer Menge und dicht gedrängt in den Strombetten der Gebirgsthäler, und sie werden bei starken Anschwellungen der Gebirgsströme oft beträchtlich weit fortgewälzt, die größeren bleiben aber in der Nähe des Engpasses, aus welchem der Strom heraustritt, liegen. Nach Bestimmungen von Buat (in Studer) widerstehen auf dem Grunde des Stromes einer

Geschwindigkeit von 3 Fuß, eckige Kiesel von der Größe eines Eies;
" " 2 " abgerundete Kiesel von 1 Zoll Durchmesser;
" " 8 Zoll, grober und eckiger Sand;
" " 6 " feiner Sand;
" " 3 " feiner Schlamm.

Da die fortbewegten Körper sich unter einander und am Strombett reiben und stoßen, so werden dadurch alle schärferen Kanten und Ecken, vorzüglich durch Rotation, abgerundet, die größeren Stücke mehr und mehr zertrümmert, bis sie zuletzt zu Schlamm und Sand geworden sind. Die Verkleinerung des Geschiebes steht im Verhältniß zur Entfernung desselben von seinem Stammorte, so daß z. B. in manchen Thälern des Schwarzwaldes, woher von Schaffhausen abwärts das meiste Geschiebe des Rheines kommt, runde Geröllblöcke von 1 bis 2, zuweilen von 2 bis 4 Fuß Durchmesser getroffen werden, während die älteren Gerölle bei Basel im Mittel die Größe eines Apfels, bei Heidelberg nur noch die einer Haselnuß haben; die Geröllblöcke des Rheins im bündnerschen Oberlande haben durchschnittlich 2 bis 4, zuweilen 5 bis 6 Fuß Durchmesser, während bei Chur sein Gerölle 6 bis 8, höchstens 10 Zoll Durchmesser hat. Daß der Grad der Festigkeit der Steinarten, also ihre mineralogische Beschaffenheit, auf die Zeitdauer, die zur Verkleinerung des Geschiebes erfordert wird, von Einfluß sei, leuchtet von selbst ein; weiche Thone und Sandsteine bilden gar kein Gerölle, weichere Kalksteine sind schnell abgerundet und bald zu kleinen Körnern oder Schlammtheilen zerrieben, weshalb der Rhein schon bei Chur eine große Menge von solchem Kalksande führt, festere Sand- und Kalksteine leisten länger Widerstand, noch länger Granite und Porphyr, am längsten Hornblende und Feldsteingebirgsarten.

Es ist nun ganz natürlich, daß die Adhäsion der Wassermasse eines Flusses an dieses Material um so größer sein wird, je größer die Menge des letzteren ist; es muß daher ein gewisser Grad von Widerstand überwunden werden, um es fortzubewegen und mit der Wassermasse fortzuführen, und eben dies wird Ursache, daß die Geschwindigkeit der Flüsse vermindert wird. An Stellen, wo der Strom mit größerer Geschwindigkeit fließt, wird das ganze Material in Bewegung gesetzt, wie obige Bestimmungen von Buat zeigen, wo aber die Geschwindigkeit des Wassers sich vermindert, da wird es dasselbe fahren lassen, wodurch Sandbänke und Inseln, überhaupt Verstopfungen der Ströme hervorgebracht werden. Inseln bilden sich gewöhnlich schon im mittleren Laufe und alle zeigen eine übereinstimmende Grundform, wenn sie in einem beträchtlichen Stromzuge liegen, aufwärts, gegen den Lauf des Stromes sind sie breit zugerundet und abwärts spitz gestaltet. Ein erfahrener Hydrotechniker, Wiebeking, beweist, daß die Inseln bei dieser Gestalt dem Strom den größten Widerstand zu leisten vermögen, ähnlich wie ein kreisförmig gestaltetes Gewölbe unter allen Gewölbformen den stärksten Druck erträgt; der Strom schaffe die Inselmasse so weit fort, bis sie ihm unter dieser Gestalt widerstehen könne und dann unverändert bleibe. Das Fahrenlassen des fortbewegten und mitgeführten Materials an den Stellen, wo der Strom langsamer fließt, erzeugt aber nicht nur Sandbänke und Inseln, sondern hat auch, und zwar namentlich im Unterlauf, eine Erhöhung des Flußbettes zur Folge, die in manchen Gegenden sehr schnelle Fortschritte macht, und es gibt manche Ströme, von denen nicht nur die Oberfläche, sondern auch der Boden höher liegt als das umgebende Land, welches daher durch starke Deiche vor Ueberschwemmungen geschützt werden muß. An den Mündungen, wo die Bewegung am langsamsten ist, verstopft das Material durch Versanden immer von Neuem den Ausfluß und schadet der Schifffahrt, oder bildet unter Mitwirkung der Meeresfluthen Delta's.

Die größte Geschwindigkeit und also auch das stärkste Gefälle zeigt sich uns in den Wasserfällen, wo das fließende Wasser frei und ohne den Fels zu berühren herabfällt, und bei welchen die Schnelligkeit der Bewegung nur durch den Widerstand der Luft verzögert wird. Dieser Widerstand bewirkt zugleich eine Mengung des Wassers und der Luft, wodurch das erstere an seinen Rändern, oder auch seiner ganzen Masse nach so fein zertheilt wird, daß es wie Staub erscheint. Hat ein solcher Wasserfall eine bedeutende Höhe, so bemerkt man, wenn man seinen Lauf von oben nach unten verfolgt, wie derselbe aus dem beschleunigten allmälig in einen gleichförmigeren Fall übergeht — eine Wirkung des Widerstandes der Luft und der Zertheilung der Wassertheilchen. Solche Wasserfälle sind der obere Reichenbach im Haslithal 200′ hoch; der Staubbach in Lauterbrunnen 900′ hoch; der Niagarafall 160′ hoch und 4000′ breit. Bei einer an-

deren Klasse von Wasserfällen stürzt zwar die vordere Hauptmasse des Wassers ebenfalls senkrecht hinunter, aber bedeckt hinten die Felswand, die die Geschwindigkeit verzögert; dahin gehören der Velinofall bei Terni 300′ hoch; der Anienofall bei Tivoli, und der Aarfall bei Handeck gegen 150′ hoch. Andere Wasserfälle strömen auf einem geneigten oder durch mehrere Absätze unterbrochenen Bette, und bieten dadurch oft einen malerischeren Anblick dar, als die vorgenannten; so der untere Reichenbach; der Rheinfall bei Schaffhausen 75′ hoch bei 500′ Breite; der Trolhetta (Zauberhöhle) in Schweden 110′ hoch; der Bogotafall bei Tequendama in Neu-Granada gegen 530′ hoch. Ist das Strombett weniger geneigt, aber uneben, so bildet der Strom keinen Wasserfall mehr, sondern Kataracten, in denen sich der reißend schnelle Strom an den verborgenen oder vorragenden Felsen schäumend bricht; so der Rheinfall bei Laufenburg, die Kataracten des Nils u. a.; ist das Strombett weniger uneben und gleichförmiger, so bilden sich Stromschnellen, deren Wasser oftmals eine außerordentliche Schnelligkeit besitzt. Sie pflegen die Grenze zwischen dem mittleren und unteren Laufe der Flüsse zu charakterisiren und sind als die Ueberreste vormaliger Kataracten zu betrachten. Sie kommen indeß auch an der Grenze des oberen und mittleren Laufes vor. Eine der merkwürdigsten Stromschnellen hat der amerikanische Fluß Connecticut aufzuweisen. Berghaus erzählt: Etwa 50 deutsche Meilen von seiner Mündung wird dieser ansehnliche Fluß von zwei hohen steilen Gebirgen so eingeschlossen, daß seine ganze Breite, in einer Länge von 400 Yards, nicht über 15 Fuß beträgt. Hier erblickt man ein wunderbares Spiel der Natur. Das Wasser wird an diesem Ort, ohne Frost, blos durch den heftigen Druck und die daraus erwachsende ausnehmende Schnelligkeit, zwischen den widerstehenden Felsengebirgen, zu einer solchen Härte zusammengepreßt, daß man kein Brecheisen hineinzwängen kann. Blei, Eisen und Kork sind hier von gleicher Schwere. In einer unbegreiflichen Schnelligkeit und hart wie Eis fließt der Strom mit einer unwiderstehlichen Gewalt hindurch und zersplittert Bäume mit eben der Leichtigkeit als der Blitz. Die Gestalt dieser wunderbaren, noch in keinem andern Flusse bemerkten Enge ist ein Zickzack mit schiefen Winkeln. Um diese auffallende Erscheinung zu erklären, ist es nicht nöthig, eine wirkliche Verwandlung des Wassers in einen festen Körper anzunehmen, sondern die ungeheure Schnelligkeit seiner Bewegung macht sie allein begreiflich.

§. 96. Bei allen Flüssen und Strömen kommen Ueberschwemmungen vor, die in der Regel ziemlich genau ihrer Größe proportional sind, und die man in regelmäßige oder periodische und unregelmäßige eintheilen kann. Die letzteren gehören fast ausschließlich nur kleineren Flüssen an, deren ganzes Gebiet von starken Regengüssen getroffen werden kann. Be-

deutende Anschwellungen großer Ströme in der gemäßigten Zone sind darum seltener, weil starke Regen allezeit nur einzelne Distrikte zu treffen pflegen, die niemals das ganze Gebiet großer Ströme umfassen. Eine Ausnahme hievon macht die Donau, deren Hauptzuflüsse sämmtlich in einer Ausdehnung der Alpen entspringen, welche gleichzeitig durch heftige Regen getroffen werden können, so daß sie theils hierdurch, theils durch den geschmolzenen Schnee insgesammt anschwellen. Außer Regengüssen und der Schneeschmelze üben in unseren Klimaten auch die Eisgänge einen bedeutenden Einfluß auf die Ströme aus, und greifen nicht nur das Grundbett und die Ufer an, sondern nöthigen auch das Wasser zum Uebertreten über die Ufer. Die regelmäßigen Ueberschwemmungen sind eine Folge periodischer Regen, mit denen sie daher zusammenfallen, oder der Schneeschmelze in den Hochgebirgen, und im letzteren Fall pflegt in unseren Gegenden außer der im Frühling durch den Eisgang bewirkten Anschwellung noch eine andere im Juni einzutreten. Am regelmäßigsten sowol der Größe als der Dauer nach gestalten sich die Ueberschwemmungen in den wärmeren Klimaten, namentlich in den Tropenländern und den ihnen nahe liegenden Erdstrichen, wo die Flüsse ihre periodisch wiederkehrenden Uebertrittsepochen haben. Am längsten bekannt und schon von den Alten als Mittel der Fruchtbarkeit Aegyptens beachtet ist die Nilschwelle, obgleich sie an Größe derjenigen mehrerer anderer Flüsse nicht gleichkommt. Die tropischen Regen, welche in dem Quelllande des Stromes im Mai beginnen, den Schnee auf den Mondgebirgen schmelzen und bis September andauern, schwellen alle Flüsse jenes Landes an, welche sämmtlich ihre Gewässer in den Nil ergießen, der daher der allgemeine Ableiter für diese ganze ungeheure Wassermasse wird. Sie erreicht in der Mitte des Juni, um die Zeit der Sommersonnenwende, Aegypten, und der Fluß beginnt dort zu steigen. Anfangs steigt das Wasser in drei Tagen nur etwa einen Zoll, so daß bis Ende Juni die Schwellen unmerklich bleiben, dann stärker 46 Tage lang, zuletzt täglich 4,8 Zoll. Heftige Nordwinde, welche das Wasser aufhalten und die Wolken vertreiben, können die Höhe der Schwelle vermindern und ihre Ankunft verzögern, sonst aber steigt das Wasser bis Mitte August, wo es gewöhnlich die Hälfte seiner ganzen größten Höhe hat, und erreicht dann seine größte Höhe am 20. oder 30. September. In dieser Höhe erhält es sich etwa 14 Tage lang in einem gewissen Gleichgewicht, dann fängt es an abzunehmen, aber weit langsamer als es zugenommen hat. Den 10. November ist es gewöhnlich wieder auf die Hälfte seines höchsten Standes gefallen, und so sinkt er nun allmälig bis zum 20. Mai des folgenden Jahres. Dann hören die Wechsel der Wasser auf, bis wieder zum Sommersolstitium. Ehemals bedurfte man, um das Land gehörig zu bewässern, nur 16 Fuß vom Nullpunkt des Nilmessers, jetzt aber, da der Boden erhöht ist, muß der Strom 24 Fuß steigen. Es herrscht

dann große Freude, der Hauptkanal bei Cairo wird mit Feierlichkeit durchstochen, und die Bewässerung beginnt. Der übergetretene Strom überzieht den hinlänglich befeuchteten Boden mit fruchtbarem Schlamm, und man erntet demnächst dreimal, erst Gemüse, dann Korn, dann wieder Gemüse. Zur Zeit der Ueberschwemmung von Mitte August bis Ende October war ehemals das ganze fruchtbare Aegypten ein Süßwassermeer, aus dem die Städte allethalben wie Inseln hervorragten. Die alten Schriftsteller vergleichen den Anblick desselben mit demjenigen des ägäischen Meeres, wo die Cycladen und Sporaden ein ähnliches Schauspiel im Großen darbieten. Obgleich das Nilthal und das Delta sich nicht mehr in ein solches Süßwassermeer verwandeln, sondern blos einzelne Theile überschwemmt werden, so ist doch auch jetzt noch zur Zeit der Ueberschwemmung Jubel, Freude und belebte Schifffahrt. Bei Damiate und Raschid kommen die Schöpfräder der Bewässerung zu Hülfe. In Oberägypten muß das Wasser 30 bis 35 Fuß, in Mittelägypten 20 bis 25 und in Unterägypten 14 bis 15 Fuß steigen, wenn die Bewässerung vollständig sein soll. Der Nil führt Schlamm und Sand, und hat dadurch nicht blos sein Delta gebildet, sondern auch dieses und sein eigenes Bett erhöht. Das Wasser dringt indeß von unten her durch den Sand in den Boden, befeuchtet diesen und macht ihn zum Anbau von Zuckerrohr, Indigo und Baumwolle geschickt, welche in dem überschwemmten Boden nicht gedeihen. Gewöhnlich ist das Nilwasser sehr rein, klar, mild und gesund zum Trinken; bald aber nach dem Anfang der Schwellen wird es grünlich von den stagnirenden Sümpfen der Shangalla, und endlich röthlich von der Erde der Sennaarterrasse. – Beim Ganges entstehen die Schwellen hauptsächlich aus 3 Ursachen: durch Meeresfluthen im unteren Laufe, durch Schneeschmelzen im oberen und Moussonregen im mittleren und unteren Gebiete. Wenn nämlich der Südwestmousson im April anfängt zu blasen, dann setzen die Strömungen in das Meer von Bengalen ein, heben und schwellen die See im Innern des Golfs allmälig um mehrere Fuß empor, und somit die Wasser des Gangesdeltas weit früher, als die Stromesschwellen aus dem oberen und mittleren Gebiet wahrgenommen werden können. Diese Ursache dauert vom April bis Oktober. Unterdessen schmelzen die Schneemassen des Himalaya, die Gangeszuflüsse wälzen ihre Wasser herbei, der Strom beginnt im Mai im Mittellaufe zu steigen und erreicht sein erstes Maximum im Juli, manchmal auch im August. Ende Juni ist der Fluß schon über 15 Fuß gewachsen. Im Mittel wird seine Höhe um 32 F. vermehrt und das ganze Flachland zwischen ihm und dem Burremputer in einen großen See verwandelt, aus welchem, wie beim Nil, die Ortschaften mit ihren Dämmen wie Inseln hervorragen. Der Strom unterscheidet sich stets von dem stagnirenden Wasser durch seine reißende Bewegung und sein trübes Ansehen. In der Mitte Augusts fängt das Wasser an zu fallen und

in den nassen Schlamm wird Reis gesäet, welcher ausnehmend gedeiht. Während der Ueberschwemmung findet Binnenschifffahrt zwischen Bengalen und Behar statt, indem etwa 30000 Schiffer für die Bedürfnisse von 10 Millionen Menschen sorgen. Nach dem ersten Maximum der Schwelle folgt eine Verringerung der Gewässer von 3—4 Wochen Zeit, bis die Moussonregen abermals die Wasser höher schwellen und die zweite Fluth veranlassen, welche mit dem September beginnt und ihr Maximum im October erreicht. Andere Ströme bieten ähnliche, und der Amazonenfluß wo möglich noch großartigere Erscheinungen dar.

§. 97. Man hat bei mehrern Strömen des mittlern Europa eine Verminderung ihrer mittleren Wassermasse beobachtet. So zeigt der Rhein bei Basel während der 30 Jahre vor 1838 eine Verminderung von 0,675 F.; die Oder bei Küstrin während der 60 Jahre vor 1835 eine solche von 1¼ F.; für die Elbe ergibt sich eine Abnahme von 1¾ F., wenn die mittlere Höhe bei Magdeburg aus der ersten Hälfte des mit 1830 abschließenden Jahrhunderts mit derjenigen aus der zweiten verglichen wird. Die Ursachen einer solchen Wasserverminderung sind entweder lokale und können in hydrotechnischen Arbeiten, in Durchstichen zur Rektifikation des Stroms, in Geradelegungen der Ufer durch Vergrößerung der Stromgeschwindigkeit bestehen, oder sind allgemeinerer Natur und bestehen in der Verminderung atmosphärischer Niederschläge.

Ueber die Menge des Wassers, welche die verschiedenen Flüsse liefern, d. h. die bei irgend einem Strom in einer bestimmten Zeit durch den Querschnitt seines Bettes fließt, sind keine genügenden Resultate vorhanden. Der Rhein bei Basel hat ein Gefäll von 0',357 auf 1000', sein Wasserstand schwankt um 21 Schweizerfuß, die Geschwindigkeit bei mittlerem Stand ist 4',6 in der Sekunde, das Stromprofil hat 6760 Quadratfuß Inhalt, woraus für die stündlich abfließende Wassermasse sich 112 Mill. Kubikfuß ergeben. Vor der Theilung des Rheins, bei Emmerich, beträgt das Gefäll 0',117 auf 1000', die mittlere Geschwindigkeit ist 3',6 in der Sekunde und die stündlich durchfließende Wassermasse 265 Mill. Kubikfuß. Der Indus hat von Mittun bis zum Meer ein Gefäll von 0',082 auf 1000', die abfließende Wassermasse beträgt im August während einer Stunde 1606 Mill. engl. Kubikfuß, im Dezember 147 Mill. Kubikfuß. Der Ganges führt bei Sicligully stündlich im jährlichen Mittel 1800 Mill. engl. Kubikfuß Wasser dem Meere zu. Der Nil bei Syout hat bei niederem Wasserstande eine mittlere Geschwindigkeit von 1^{m},21 in der Sekunde und das stündlich durchfließende Wasser mißt 71 Mill. franz. Kubikfuß, bei hohem Wasserstande wächst die Geschwindigkeit bis 1^{m},97 in der Sekunde und die durchfließende Wassermasse auf 1075 Mill. franz. Kubikfuß. (Nach Studer.) Muncke schätzt die Wassermasse aller Flüsse der Erde zu 75 Kubikmeilen, monach zum Aus-

füllen des Meeres etwa 45000 Jahre erforderlich sein würden. Nach Büffon dagegen beträgt die Wassermenge, welche alle Ströme jährlich ins Meer führen, 455,5, nach de la Metherie 341 Kubikmeilen und hiernach würden sich die Meere dennoch erst in 4488 Jahren erneuern.

3. Stehende Gewässer.

§. 98. Wenn Quellen und Flüsse keinen Abfluß finden, so entstehen leicht Brüche und Moore, Sümpfe und Moräste, oder jene Ansammlungen von Wasser, die weder mit Kähnen befahren, noch ohne Einsinken betreten werden können und durch Vermischung mit erdigen und vegetabilischen Bestandtheilen einen Theil ihrer flüssigen Beschaffenheit verloren haben. Sie entstehen ferner in von Abhängen eingeschlossenen Gegenden, vor denen das abfließende atmosphärische Wasser sich sammelt und zum Theil in die Erde abzieht, oder in großen und niedrig liegenden Waldungen, in denen die zusammengezogenen Wasser aus Mangel an Verdunstung bleibend werden, indem die Luftwärme nicht leicht in einen dichten Wald eindringt, und Schnee und Eis sich daselbst länger halten, als in freien offenen Landschaften. Aus den Baumstämmen zu schließen, welche in manchen Brüchen angetroffen werden, sind dieselben früher mit Holz bewachsen gewesen. Es gehört in das Gebiet der Geographie der Erdtheile, die Gegenden zu beschreiben, welche durch Sümpfe, Moräste und Moorstriche sich auszeichnen; hier ist nur darauf aufmerksam zu machen, daß sie erstlich die Pflanzstätte der neueren Torfmoore sind, die jetzt noch entstehen und dem jüngeren Schwemmlande zugehören, und daß sich zweitens auf ihnen schwimmende Inseln zeigen, deren Existenz, von Einigen bezweifelt, völlig erwiesen ist. Sie bestehen aus großen Strecken von Erdschichten, welche auf dem trüben, schmutzigen Wasser schwimmen und, indem sie sich losrissen, zu schwimmenden Inseln wurden. Ihre Dauer beschränkt sich auf kürzere oder längere Zeiträume und sie bestanden entweder aus Strecken von Torfmooren, welche nach starken Regen plötzlich gehoben und fortgetrieben wurden, oder aus Binsen, Reisig und Wurzelfasern, waren mit Erde bedeckt, und eine derselben war ursprünglich so groß, daß 100 Stück Vieh darauf weideten. In andern Fällen sah man sie abwechselnd niedersinken und sich wieder erheben und bei einer Insel der letzteren Art ist die Ursache kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas, welches sich aus den in einander gewachsenen und durch verschiedene Erden verbundenen Pflanzentheilen entwickelt, und die gesammte Masse spezifisch leichter macht als Wasser.

Eine andere Klasse von Wasseransammlungen sind die Landseen, die sich in einzelnen Fällen durch merkwürdige Eigenthümlichkeiten auszeichnen.

Sie sind größere oder kleinere, mit Wasser angefüllte Vertiefungen des Erdbodens, ihr Bett heißt Becken, und wenn etwa von ihnen gesagt wird, sie seien Wasserflächen, welche von allen Seiten von Land umgeben seien, so soll natürlich durch diese Begriffsbestimmung die Verbindung der meisten derselben mit zu- und abfließenden Flüssen nicht ausgeschlossen sein. Der erste Punkt, der hier zur Betrachtung kommt, betrifft den Umfang und die Höhe des Landseespiegels, die Ab- und Zunahme, oder auch die Unveränderlichkeit desselben nach beiden Dimensionen. Denken wir uns ein Becken, das einmal mit Wasser gefüllt worden und nach dieser Zeit ohne allen Zufluß geblieben ist, so ist klar, daß der Umfang und die Höhe seines Seespiegels sich stetsfort vermindern mußte, bis zuletzt alles Wasser verschwunden war, weil die unausgesetzte Verdunstung durch keinerlei Zufluß rekompensirt wurde. Dasselbe wird, nur langsamer, geschehen, wenn bei unverändertem Grunde des Beckens der Verlust durch fortwährende Verdunstung keinen genügenden Ersatz durch immer neuen Zufluß erhält. Daß es Seen der letzteren Art wenigstens vormals gegeben habe, zeigen manche Stellen der Erdoberfläche, welche mehr oder minder deutlich alle Kennzeichen ehemaliger Seebecken an sich tragen. Von solchen Seen sagt man, daß sie keinen Zu- und Abfluß haben, und meint damit den Mangel eines zu- oder abströmenden Flusses. Es gehören dahin alle stagnirenden Steppenseen; sie mögen sich erhalten in Gegenden, wo heftige Regengüsse den größten Theil des Jahres hindurch fallen, oder wo unterirdische Quellen das, was durch Verdunstung verloren geht, stets wieder ersetzen, immerhin aber ist ihr Umfang und ihre Höhe veränderlich. Es gehören dahin auch diejenigen Seen, welche durch Quellen, die sich in ihrem Becken befinden, oder durch Schmelzen des Schnees oder vom Wasser der Gletscher unterhalten werden, namentlich die hochgelegenen kleinen Bergseen, welche, zwischen alpinischen Gipfeln befindlich, nur gespeist werden vom Wasser schmelzender Gletscher, das zwischen Spalten und Schichten nackten Gesteins zu ihnen fließt. Ursprünglich wird der Zufluß von solchem ganz klaren Wasser ohne alles feste Material das Seebecken allmälig immer höher gefüllt haben, bis die Oberfläche des Sees durch vermehrte Ausdehnung so groß war, daß dieser durch Verdunstung stetsfort eben so viel verlor, als er empfing, von diesem Zeitpunkt an werden seine mittleren Dimensionen so lange unveränderlich bleiben, als der jährliche Zufluß derselbe bleibt. Da übrigens auch bei alpinischen Seen die Verdunstung mit den Jahreszeiten veränderlich ist und sich die Menge des Zuflusses gleichfalls, aber zum Theil mit andern Zeitpunkten des Maximums ändert, so müssen natürlich auch diese Seen in merkbarer Zu- und Abnahme begriffen sein. Bei Seen zweitens mit Zufluß ohne Abfluß, die also von einströmenden Flüssen gespeist werden, ist es stets der Fall, daß denselben das zufließende Wasser allerlei festes Material,

wie Schlamm u. dgl. zuführt. Diese Stoffe setzen sich gewöhnlich auf dem Boden des Beckens ab, wobei es im Allgemeinen gleichgültig ist, was für eine Gestalt das Becken habe, weil in jedem Fall das abgelagerte Material ein seinem Körperinhalt entsprechendes Quantum Wasser aus der Stelle schieben und den Spiegel des Sees ändern wird. Es wird nämlich die Ablagerung die Dimension der Wasserfläche in zweifacher Beziehung ändern, sie wird steigen und zugleich sich mehr ausdehnen, die Folge ist, daß der See der Verdunstung eine größere Fläche darbietet, als zuvor. War vorher der Zufluß größer, als der Abgang durch Verdunstung, so wird erst nach einer Reihe von Jahren, während welchen der See immer frischen Vorrath an Material empfängt, die durch Erhöhung und Ausdehnung des Wasserspiegels vermehrte Verdunstung den Zufluß auf den für ein annähernd konstantes Niveau erforderlichen Gleichgewichtszustand bringen, und man sieht leicht, daß dieser Zustand um so früher eintreten wird, je flacher die Ufer des Seebeckens sind. Nimmt man dagegen an, daß von einem gewissen Zeitpunkt an die Verdunstung mehr als den jedesmaligen Zufluß absorbirt habe, so wird bei fortdauernder Ablagerung des festen Materials sehr bald eine Austrocknung des größten Theils des Sees erfolgen. Aus diesen Betrachtungen ergibt sich ferner, daß ein Wachsen im Steigen eines Sees, weil der Zufluß größer ist als der Verlust durch Verdunstung, nur auf Seen von neuerer Bildung oder auf solche anwendbar ist, die in neuerer Zeit auf irgend einem Wege mehr Zufluß erhalten haben; denn da man im Mittel den Zufluß als konstant annehmen kann, während die verdunstende Oberfläche in einer gewissen Progression wächst, so muß schon nach wenigen Jahren das Wasser eine Höhe erreichen, bei welcher seine Oberfläche zwischen Zufluß und Verdunstung ein Gleichgewicht herbeiführt. Endlich wird man es begreiflich finden, daß ein bleibendes Niveau und eine gleichbleibende Oberfläche hinsichtlich ihrer Ausdehnung mit einer verminderten Tiefe nur dann existiren können, wenn der Wasserverlust gleich ist der Raumverminderung, und da der Wasserverlust durch Verdunstung erfolgt, so ist klar, daß, wenn die Oberfläche eines Sees ohne Abfluß stationär bleibt, der durch Verdunstung bewirkte Wasserverlust größer ist als der Zufluß, und daß die Zunahme der Verdunstung, oder vielmehr ihr Mehrbetrag im Vergleich mit dem Zufluß, genau die Größe der Materien hat, welche im See abgelagert werden. Diese Klasse von Seen kommt sehr häufig vor und man hat die größten uns bekannten Seen dahin zu zählen, so den kaspischen, den Aral- und Tschadsee, viele Seen des asiatischen Hochlandes und des nördlichsten Amerikas. Um sich zu erklären, wo die Menge Wassers hinkomme, welche solche Seen ohne Abfluß täglich empfangen, hatte man früher eine unterirdische Verbindung derselben mit dem Meere angenommen; allein grade beim größten derselben, dem kaspischen, ist eine solche Verbindung physisch unmöglich, weil

es durch wiederholte Nivellements erwiesen ist, daß er tiefer als das Meer liegt. Es ist nach Obigem weder bei diesem, noch bei irgend einem andern See dieser Art nöthig, ein solches Auskunftsmittel für die Unterbringung des Wasserüberflusses anzunehmen, da die Verdunstung hinreicht, den Zufluß zu absorbiren. Indeß soll damit nur behauptet werden, daß unterirdische Abflüsse keine nothwendige Form seien, und keineswegs, daß es nicht Seen gebe, denen sie so gut, wie unterirdische Zuflüsse, zukommen können. Die dritte Klasse von Seen bilden diejenigen, die Zu- und Abfluß haben; man kann sie Flußseen nennen, welche ihr Wasser durch Flüsse ins Meer schicken. Alles Wasser, welches solche Flüsse mehr empfangen, als durch Verdunstung absorbirt wird, muß vom Abfluß abgeführt werden, und wenn beide, Abfluß und Verdunstung, zur Abführung einer Quantität, welche der des Zuflusses gleich ist, genügen, so wird das Niveau und die Ausdehnung der Wasserfläche konstant bleiben. Wäre aber der Durchschnitt des Ausflußkanals verhältnißmäßig zu klein, so wird die Wasserfläche des Sees steigen und dies wird die Schnelligkeit des abfließenden Wassers vermehren, wodurch allmälig das Profil des Abflusses erweitert wird, bis seine Breite, verbunden mit der Verdunstung, der Menge des Zuflusses das Gleichgewicht hält. Wenn aber die Beschaffenheit des Bettes eine Erweiterung des Abflußprofiles unmöglich macht, so wird für eine gegebene Wassermenge, was an Breite fehlt, durch die Höhe ersetzt, bis auch in diesem Fall die Quantität des Abflusses zusammen mit der Verdunstung derjenigen des Zuflusses gleich ist. Zu bemerken ist hierbei, daß das Wasser um so schneller abströmt, je tiefer der Seeausfluß ist, weil das Gewicht der oberen Wassertheilchen die unteren vorwärts treibt; enge und tiefe Abflußkanäle führen daher mehr Wasser ab als breite und seichte. Ob der Abfluß eines Sees aus alter oder verhältnißmäßig neuer Zeit sich herschreibe, kann nicht allemal mit Sicherheit ermittelt werden; ist er jünger als der See selbst, so kann er durch eine Erschütterung der Erde verursacht worden sein, oder durch den See selber, wenn die Ränder seines Beckens an der Stelle, wo der Abfluß ist, nicht länger im Stand war, dem Seitendruck der Wassermasse zu widerstehen, oder endlich durch Erosion, d. i. durch chemisch und mechanisch zerstörende Wirkung des Wassers auf das Becken. Erreicht der durch ein Erdbeben verursachte Bruch den Boden des Beckens, so läuft der See ganz ab; in den beiden ersten Fällen kann das so lange eingesperrt gewesene Wasser sein Entrinnen mit den fürchterlichsten Verwüstungen bezeichnen. — Die Flußseen sind in vielen Fällen nichts als beträchtliche Erweiterungen eines Flußbettes; doch läßt sich dies nicht immer aus den horizontalen Dimensionen, unter denen uns ein See auf der Karte erscheint, für einzelne gegebene Fälle behaupten. Der Bodensee z. B. ist an einzelnen Stellen nicht nur 60—100 Mal tiefer als der Rhein bei seiner Ein- und Ausmündung, sondern man kann auch den Strom des Rheinwassers

fast durch den ganzen See deutlich verfolgen, da es sich durch Farbe, Wellenschlag, Temperatur und dergleichen von dem des Sees unterscheidet. Wenn daher Flußseen auch nicht immer durch Stromläufe entstanden sind, so verdanken sie ihnen doch ihren gegenwärtigen Umfang und Größe und sind als Regulatoren des Wasserstandes der Flüsse in der Naturökonomie von großer Wichtigkeit. Die Ströme, welche von den Alpengletschern herabkommen, würden alljährlich ihre Ufer weit und breit überschwemmen, wenn nicht die Seen ungeheure Massen Wasser aufnehmen könnten, ohne beträchtlich zu steigen; und es ist klar, daß das Steigen des unterhalb befindlichen Stromtheiles ganz vom Steigen des Sees abhängen muß. Mit dem Fallen verhält es sich ganz ebenso. Es sei z. B. der Strom 100 Fuß, der See 10000 Fuß breit, so wird durch eine Wassermenge, die den Strom um 100 Zoll erhebt, der See nur um 1 Zoll steigen, folglich auch den tiefer liegenden Stromgegenden zunächst nur einen Zoll Steigung mittheilen können. Durch den anhaltend hohen Stand des Sees wird nun zwar das tiefer liegende Gewässer mit der Zeit mehr steigen, allein die Wirkung ist jedenfalls auf große Zeiträume vertheilt und dadurch in ihrer Intensität geschwächt." (Mädler.) Die einfachsten Verhältnisse zwischen Zu- und Abfluß eines Sees in Beziehung auf sein Niveau lassen sich in folgenden Sätzen ausdrücken. Empfängt der See einen beständigen Zufluß bei unverändert bleibendem Abfluß, so behält der See ein konstantes mittleres Niveau; wächst der Zufluß, während das Bett des Abflusses unverändert bleibt, so steigt die Wasserfläche, das Steigen wird aber allmälig immer langsamer erfolgen, weil das Profil der abfließenden Wassermasse in diesem Falle an Höhe und Breite zunimmt, dieselbe folglich in steigender Progression entweicht; wenn die Geschwindigkeit und die Quantität des Ausflusses im Verhältniß zum Zufluß stehen, so bleibt die Größe der Seefläche, insoweit sie vom Abfluß abhängig ist, unverändert; wächst aus irgend einer Ursache der Abfluß, während der Zufluß derselbe bleibt, so sinkt der Wasserspiegel, aber nicht im direkten Verhältniß des Mehrbetrags der abfließenden Wassermenge über die zufließende, weil die Oberfläche immer weniger durch Verdunstung verliert, je mehr der See durch Erweiterung des Abflußbettes sinkt. (Nach Berghaus).

Die größten und tiefsten Flußseen gibt es im nördlichen Amerika und Rußland, in Skandinavien, in Schottland, in der Schweiz, also in Ebenen, Tief- und Gebirgsländern. In den letzteren sind sie zahlreich und schön, und bilden sich namentlich in den Alpen, wo der Boden von einigen derselben bis fast auf den Spiegel des mittelländischen Meeres hinabgeht, am Fuß des Gebirges da, wo die Längen- und Querthäler anfangen in die Ebene hinauszutreten; so die Seen des Rheins, der Rhone, des Tessin, der Reuß, der Aare, der Linth u. a. Ihre Umrisse folgen fast immer den Thalwindungen, wie dies beim Zürchersee, Langensee, am auffallendsten beim Vierwaldstättersee hervortritt; liegt nicht, wie beim Rhein, ein Wasserfall unterhalb des

See's, so pflegt von ihnen abwärts die Schiffbarkeit zu beginnen. Die Tiefe dieser Seen ist oft sehr beträchtlich; manche Schweizerseen haben 600, 800 bis 1200, der Ontario hat 1000, der Huron 1800 Fuß Tiefe, und bedenkt man dabei noch ihre Größe, so müssen sie uns als gewaltige Süßwassersammler des Festlandes erscheinen.

Weil die Flußseen ein abströmendes Wasser haben, so erzeugt dasselbe in ihnen eine beständige Strömung, die sich entweder, wie beim Bodensee, durch den See verfolgen läßt, oder nicht wahrzunehmen ist, dennoch aber vorhanden sein muß. Die relative Lage des Abflusses gegen den Hauptzufluß bestimmt vorzugsweise die Richtung dieser Seeströmung und der einfachste Fall ist der, wo die entgegengesetzten Enden des Sees die Stellen des Zu- und Abflusses sind. Ist der Wasserspiegel des Sees vom Zufluß nach dem Abfluß hin gegen den Horizont geneigt, so tritt die Seeströmung am entschiedensten auf. So hat der Langensee ein von Norden nach Süden gerichtetes Gefälle, das auf die Erstreckung von Magadino bis Arona 8' 4'' 5''',33 beträgt; die Rhone ist bei ihrem Eintritt in den Genfersee 10 Fuß höher als bei ihrem Austritt, dieser See hat also eine gegen Westen gerichtete Neigung, was vielleicht auch beim Bodensee der Fall ist.

§. 99. Andere hier in Betracht kommende Punkte betreffen die Temperatur der Seen, ferner die Färbung, Durchsichtigkeit und Beschaffenheit ihres Wassers. — Einige Seen gefrieren niemals zu, andere belegen sich auf kürzere oder längere Zeit mit einer dickeren oder dünneren Eisdecke; von Seen, die bis auf den Grund gefroren wären, dürfte gar kein Beispiel bekannt sein. Während des Winters nämlich kühlt sich die oberste Schicht eines Sees durch zwei Ursachen ab, durch ihre Berührung mit der kalten Luft und wegen der Wärmeausstrahlung, besonders der nächtlichen. In Folge dieser Abkühlung zieht sich diese oberste Wasserschicht zusammen, wird dichter und sinkt bis zu einer gewissen Tiefe herab, indem sie sich mit den wärmeren Wasserschichten, welche unter ihr lagen, vermischt. An ihre Stelle tritt eine andere Wasserschicht, die sich ebenfalls abkühlt und herabsinkt, und wieder durch eine andere Wasserschicht ersetzt wird, welche dieselben Veränderungen erfährt u. s. f., so daß vermöge dieser fortwährenden auf- und niederwärts gerichteten Strömungen die obersten Schichten alle abgekühlt werden. Allein man darf dabei nicht aus dem Auge verlieren, daß alle verloren gegangene Wärme an der Oberfläche selbst verloren geht. Wenn das Wasser kein Maximum der Dichtigkeit hätte, so müßte während der ganzen Abkühlungsjahreszeit die Temperatur auch mit der Tiefe abnehmen; denn da die wärmsten Schichten auch zugleich die leichtesten sind, so müßten sie nach den Gesetzen des Gleichgewichts auch am höchsten liegen. Die Oberflächenschicht könnte somit nur dann bis zur Temperatur von 0°,0 herabsinken, wenn alle tiefer liegenden Schichten wenigstens bis zu dieser

Temperatur herabgesunken wären, und es würde folglich in der ganzen Tiefe des Landsees von seiner Oberfläche bis zu seinem Grund ein gleichzeitiges Gefrieren Statt finden. Allein weil das Wasser nach § 75 bei 3°,5 R das Maximum seiner Dichtigkeit erreicht, zeigen sich ganz andere Erscheinungen; denn sobald die Oberflächenschichten die Temperatur der größten Dichtigkeit angenommen haben, sinken sie herab, es treten andere an ihre Stelle, welche ebenfalls herabsinken, und dies dauert so lange fort, bis die ganze Wassermasse die Temperatur von 3°,5 angenommen hat. Nehmen wir nun für einen Augenblick an, daß die Kälte des Winters eine so lange Zeit fortdauert, daß die eben erwähnte Erscheinung Statt finden kann, so ist ein Herabsinken der oberen Schicht nicht mehr möglich; denn je mehr sie sich noch abkühlt, desto leichter wird sie, und ihre Abkühlung kann unbestimmt fortdauern und sie wird dadurch nur um so leichter. In einer vollkommen ruhigen Wassermasse müßte diese oberste Schicht also zuerst gefrieren, ohne daß die unteren Schichten anders als durch Wärmeleitung, welche bei tropfbaren Flüssigkeiten immer sehr gering ist (§ 75), an der Temperaturabnahme Theil nehmen könnten. Da aber in der Wirklichkeit immer eine mehr oder weniger heftige Bewegung Statt findet, in Folge von stürmischen Winden oder tiefen Strömungen, so sinkt nicht bloß die Temperatur der ersten Schicht unter die der größten Dichtigkeit entsprechende herab, sondern auch die Temperatur aller Schichten, welche sich in Folge der Wellenbewegung oder der Strömung mit einander mischen. Während dieser ganzen Abkühlung behalten die unteren Schichten bis in die größten Tiefen fortwährend die konstante Temperatur von 3°,5. Zu dieser Zeit nimmt also die Temperatur mit der Tiefe bis zu der ersten Schicht von 3°,5 zu und unter derselben ist die Temperatur konstant. Die bei strenger Winterkälte angestellten Beobachtungen scheinen alle dieses Resultat zu bestätigen. Hierin liegt die Ursache, warum das Gefrieren der tiefen Landseen nothwendig immer an der Oberfläche beginnt und sich nur sehr langsam bis zu einer etwas beträchtlichen Tiefe erstreckt, und warum das Gefrieren eines Sees bis auf seinen Grund unmöglich ist. Ferner erhellt aus dem Gesagten, daß zum Gefrieren stillstehender und tiefer Gewässer immer eine sehr strenge und lange anhaltende Kälte erforderlich ist, weil alle in der heißen Jahreszeit erwärmten Schichten müssen nach der Oberfläche gelangen können, um ihre Wärme über die von 3°,5 zu verlieren. Haben diese Schichten eine Dicke von 500 bis 600 Fuß, so ist klar, daß sie unter übrigens gleichen Umständen eine längere Zeit gebrauchen müssen, um successive nach der Oberfläche zu gelangen und hier ihren Temperaturüberfluß zu verlieren, als wenn sie blos eine Dicke von 20 bis 30 Fuß bildeten. Es entstehen an den Ufern, auf den breiten Sand- und Steinbänken, überhaupt an allen den Stellen, wo die Tiefe des Wassers nur gering ist, die Eisschollen zuerst und nehmen eine beträchtliche Dicke an, wäh-

rend an den Stellen, wo das Wasser eine beträchtliche Tiefe hat, seine Oberfläche frei und die Temperatur über 0° bleibt. Es leuchtet übrigens von selbst ein, daß bedeutende Eismassen, welche einem See zugeführt werden, sein Gefrieren begünstigen müssen, sowie umgekehrt warme Quellen, wie z. B. jene, welche in den Baikalsee treten, demselben hinderlich sind.

Die Temperatur der Seen bietet außer dem angeführten noch andere Verhältnisse dar, die hier in Betracht kommen, und die hauptsächlichsten Resultate, welche Untersuchungen der Seen hinsichtlich ihrer Temperatur ergeben haben, lassen sich unter folgende fünf Gesichtspunkte zusammenfassen. Die Temperatur eines Sees ist erstlich abhängig von der seines unmittelbaren Beckens, es werden daher alle Ursachen, welche auf diese ändernd einwirken, ihren Einfluß auch auf jene bewähren. Dieselbe wird zweitens modifizirt durch Tiefe und Größe der Seen, sowie durch ihre Zu- und Abflüsse. Daß die Quantität der Wassermasse auf die Temperaturverhältnisse eines See's, auf die Verbreitung der Wärme in demselben, seinen mittleren Wärmegrad und dergleichen von Einfluß sein müsse, ist unschwer einzusehen; nicht ganz so einfach stellt sich die Bestimmung der Temperatur eines Sees durch seine Zu- und Abflüsse dar. Denken wir uns einen See, dessen Zufluß an der Oberfläche aus Wasser besteht, welches direkt in offenem Laufe von aufthauenden Gletschern stammt, so ist klar, daß dasselbe in der Regel um mehrere Grade kälter sein müsse als die mittlere Temperatur des Sees. Dieses kältere einströmende Wasser wird natürlich in dem Seebecken sinken, während der Abfluß an der Oberfläche gleichzeitig das Oberflächen- oder das wärmere Wasser abführt. Dieses wird nun von dem in die Höhe steigenden kälteren ersetzt, und auch angenommen, das jetzige Oberflächenwasser gewinne wegen der Ausdehnung des See's Zeit, sich zu erwärmen, so wird doch seine Temperatur nicht sehr verschieden von der der unteren Wasserschichten sein. Verliert aber ein See seinen Wasserüberschuß durch einen unterirdischen Abfluß, so wird durch denselben statt des wärmeren Oberflächenwassers das kältere Tiefenwasser abgeführt, und ein See dieser Art wird desnahen eine höhere Mitteltemperatur haben, als unter übrigens gleichen Verhältnissen ein See, dem durch seinen Abfluß an der Oberfläche das wärmere Wasser stetsfort entzogen wird. Saussüre fand dies an dem hochgelegenen Jourxsee bestätigt, der unterirdische Abzüge hat und dessen Mitteltemperatur, die man gewöhnlich in einer Tiefe von 80′ antrifft, er niedriger zu finden glaubte. Ist der Zufluß eines See's ein unterirdischer, d. h. wird er durch Quellen gespeist, die in seinem Bette entspringen, so ist schon aus § 45 bekannt, daß in mittleren Breiten die Temperatur der gewöhnlichen Quellen etwas höher ist, als die mittlere Temperatur der umgebenden Luft; auch ändern die Quellen ihre Temperatur sehr wenig mit den verschiedenen Jahreszeiten. Wird daher ein See ganz von Quellen genährt, so ist es ganz natürlich,

daß ein geringerer Unterschied zwischen den Temperaturen seiner Oberfläche und seines Grundes Statt findet, als bei einem See, der ganz oder doch zum großen Theil von Flüssen gespeist wird. Für die hier in Frage liegende Betrachtung ist es ganz gleichgültig, ob die Quellen, welche die unterirdischen Zuflüsse eines See's sind, ursprünglich von Gletschern herrühren oder nicht, weil auch im ersteren Falle ihr Wasser während ihres unterirdischen Laufes bedeutend erwärmt wird, und es ergibt sich aus dem Gesagten drittens, daß unter übrigens gleichen Verhältnissen sich diejenigen Seen wärmer zeigen, welche nur von Quellen ernährt werden, als jene, denen Flüsse oder Gießbäche ihr Wasser zuführen. Eine gleichmäßige Temperatur ist viertens selten durch die ganze Wassermasse verbreitet, sondern die Wärme ist im Allgemeinen auf der Oberfläche etwas größer als in der Tiefe und auf dem Grunde. Der Zugersee hat in 214' Tiefe eine Temperatur von 4°, an der Oberfläche 11½°; der Thunersee in 590' Tiefe 4°,2, an der Oberfläche 12½°; der Genfersee in 225 — 923' Tiefe 9°, an der Oberfläche 14 — 15°. Wäre bei irgend einem See das Gegentheil wahrgenommen worden, so daß man das Oberflächenwasser kälter gefunden hätte als das Wasser unter ihm, so könnte diese Anomalie nicht anders erklärt werden, als durch einen kalten, aber trockenen Wind, der die Ausdünstung an der Oberfläche beträchtlich befördert und vermehrt hätte; denn sonst könnte man sich nicht erklären, wie es zuginge, daß in einer ruhigen Wassermasse das kältere, also schwerere Wasser auf dem wärmeren und leichteren schwimmen sollte. Nur wo die oberste Wasserschicht selbst blos eine Temperatur von 3°,5 hat, wird sich für die ganze Wassermasse eine gleichmäßige Temperatur zeigen. Eine allgemeine Gleichförmigkeit der Temperatur in der ganzen Wassermasse wird endlich fünftens leichter und schneller im Winter als im Sommer bewirkt, und zwar um so schneller, je stärker und anhaltender die Kälte ist und je weniger Tiefe das Wasser hat. Saussüre fand am 11. Februar bei einer Lufttemperatur von 2°,50 die Temperatur an der Oberfläche des Genfersees da, wo er am tiefsten ist, 4°,5 und in einer Tiefe von 950 Fuß 4°,3, also eine unbedeutende Differenz. Im Sommer dagegen hat man den Unterschied der Wärme zwischen der Oberfläche und dem Boden des Seewassers 12°,5 und darüber gefunden. Im Uebrigen verändern Seen ihre Temperatur viel langsamer als die Luft, von welcher diese Temperatur modifizirt wird, wie dies auch beim Meere der Fall ist. Während im Sommer die auf einem See ruhende Luftmasse nach Sonnenuntergang einen bedeutenden Temperaturwechsel erleidet, bedarf das Wasser zur Abkühlung bis auf die Nachttemperatur einer viel längeren Zeit als die ganze Nacht, und da diese bei uns in jener Jahreszeit von kurzer Dauer ist, so bleibt das Wasser, weil die Wärmeursache zurückkehrt, bevor es abgekühlt ist, gewöhnlich wärmer als die Nachttemperatur im Sommer. Dagegen ist das Wasser der Seen im Winter ge-

wöhnlich kälter als die Mittagstemperatur der Luft, weil in dieser Jahreszeit die Sonne länger unter dem Horizonte verweilt.

Von der außerordentlichen Durchsichtigkeit des Meerwassers war § 82 die Rede; auch das Wasser der Landseen besitzt einen hohen Grad von Durchsichtigkeit und läßt das Licht, je nach der Intensität desselben, seiner eigenen Klarheit und der Glätte seiner Oberfläche, bis in mehr oder weniger große Tiefen durch. Oft schwindelt es dem Schiffenden, der unter sich Felsen und Fische in großer Tiefe auf's deutlichste erkennt, wenn er in das flüssige Element hinabsieht, dessen Dichtigkeit manchmal nicht größer zu sein scheint, als die der Luft, und so groß ist oft die Täuschung, daß wenn er ruhig im Schiffe über die Oberfläche gleitend den Abhang eines subaquatischen Berges erstiegen hat, glaubt in die Tiefe zu stürzen, wenn er über den Gipfel desselben setzt. Viele Schweizerseen sind sehr durchsichtig, der Genfersee soll ebenso durchsichtig sein als der Wettern in Schweden, in dem man einen halben Kreuzer in der Tiefe von 12 Faden deutlich erkennen könne; das Wasser des Bärensees in Nordamerika ist so hell, daß ein Stück weißes Tuch auf 90 Fuß Tiefe noch sichtbar erscheint. Diese große Durchsichtigkeit verbunden mit der Tiefe des Wassers in den Landseen enthält die allgemeinen Bedingungen für die Färbung der letzteren. Ist die Tiefe eines Sees so groß, daß die Lichtstrahlen seinen Grund entweder gar nicht, oder nur in so geringer Menge treffen, daß die von ihm reflektirten Strahlen vom Wasser absorbirt werden, bevor sie wieder an die Oberfläche gelangen, dann ist die Oberfläche des Sees, wenn sie weder vom Wind noch von einer Strömung bewegt wird, gleich einem Spiegel, der das wolkenlose Blau des Himmels darbietet, nur wegen des dunkeln Abgrundes von intensiverer Farbe. Anders erscheint die Färbung eines Sees, dessen Grund die Lichtstrahlen in Menge treffen und von dem sie wieder an das Auge reflektirt werden; sie ist alsdann die von dem reflektirten Himmelblau modifizirte Farbe des Grundes. Besteht dieser z. B. aus gelbem Sande und steht der Beobachter in einiger Entfernung vom Ufer, so erscheint ihm das Wasser, dem er zunächst ist, gemischt aus dem Gelb des Sandes und dem reflektirten Blau des Himmels, unter einer grünlichen Tinte; weiter über diese Stelle hinaus ist das reflektirte Blau allein sichtbar. Steht er senkrecht über dem gelben Grunde, so sieht er auch nur dessen Farbe; senkt sich der Grund allmälig, so geht seine Färbung durch Abstufungen aus dem Gelben in's Grüne, zuletzt in's Tiefblaue über. Mag man übrigens bei geringer Tiefe und völliger Klarheit des Wassers die Gegenstände auf dem Grunde auch noch so deutlich in ihren eigenthümlichen Farben sehen, dieselben erscheinen doch immer etwas modifizirt durch das Medium des Wassers. Manchmal sieht man bei ganz oder nur theilweise überzogenem Himmel die Färbung eines Sees gräulichweiß und dunkelbläulich gefärbt, die erstere Farbe an den Stellen, die nicht tief

und deren Grund mit Sand oder Schlamm bedeckt ist, die andere an den mit Pflanzen bewachsenen Senkungen des Grundes oder großen Vertiefungen. Durch beide Farben erhält man ein Bild der hauptsächlichsten Erhöhungen und Vertiefungen des Seegrundes und eine Färbung des Sees, die in manchen Gegenden als Vorzeichen von Witterungswechsel gilt. Auch Winde wirken auf die Färbung der Landseen; bei Stürmen erscheint sie grün, bei schwächerem Winde, der nur die Oberfläche kräuselt und dadurch Ursache wird, daß ein großer Theil des Lichtes, der sonst in die Tiefe gedrungen wäre, aufgefangen wird, erscheint das Wasser entweder grauweiß oder im Silberschein, je nach der Richtung, in welcher man die Oberfläche des Sees betrachtet. Und so gibt es noch andere Ursachen zufälliger Färbung der Landseen, wie z. B. das in den Zuflüssen schwebende Material, der Schatten der Berge, untere Strömungen kälteren Wassers u. dgl. m., von denen hier weiter nicht die Rede sein kann.

Von mehr Interesse als die Färbung der Seen ist die Beschaffenheit ihres Wassers. Bei weitem die meisten Seen haben reines Wasser, viele salziges, namentlich die meisten Seen ohne Abfluß. Die Hauptursache der Salzigkeit dürfte, nach Mädler, darin liegen, daß diese Seen Reste des ehemaligen Meeres sind und ihre Salzigkeit, gleich diesem, ursprünglich haben und behalten. In anderen Fällen mögen diese Seen über einen salzhaltigen Grund fluthen, oder ihr Salz durch Zuflüsse erhalten. Zwar wird bei vielen dieser Salzseen durch die Zuflüsse süßes Wasser fortwährend zugeführt, aber die damit im Gleichgewicht stehende oder sich stellende Verdunstung absorbirt auch nur süßes Wasser, und läßt die salzigen und ammoniakalischen Theile zurück. Der Salzgehalt mancher Seen ist so groß, daß Kochsalz aus denselben gewonnen werden kann. So erzeugt z. B. der Grjosnoe Osero im kaspischen Steppenlande, welcher 20 Werste im Umfang hat, am Rande und auf dem Boden in trockenen Jahreszeiten eine Salzrinde von Fingersdicke. Noch ergiebiger an Salz ist der 80 Werste im Umfang haltende indersкesche See, welcher viele Flüßchen von gesättigter Soole aufnimmt, so daß in Folge der Verdunstung das Salz bis zur Dicke einer halben Arschine vollkommen weiß darin niederfällt. Der Elton oder Alton im Astrachan'schen ist noch salzreicher; sechszehn größere, beständig und größtentheils salzhaltige Bäche ergießen sich in denselben. Er ist ohne Abfluß und verliert das Wasser, welches er aufnimmt, blos durch Verdunstung. Seine Soole enthält auf 1 ℔ 2034 Gran feste Bestandtheile, worunter 548 Gran salzsaures Natron und 1270 Gran salzsaure Talkerde, und im Sommer werden meistens durch 1000 Arbeiter seine Salzschichten weggebrochen. Da der See bei geringer Tiefe eine große Oberfläche hat, so wird er von der Sonne sehr bald erwärmt, dann sättigt sich die Lauge vollkommen mit Salz auf eine Weise, daß schon während des Verdunstens auf der Oberfläche stellenweise ein Salzhäutchen

entsteht, welches vermöge seiner Schwere zu Boden sinkt. Der Hauptniederschlag scheint aber erst Abends und Nachts mit der Abkühlung zu erfolgen. Auf dem Grunde des Sees finden sich Salzlagen, die nach der Mitte desselben dicker und vielfacher sind, als in der Nähe des Ufers, sowie die untersten Schichten auch fester sind, als die obern. Man hat derselbeu an 13 gezählt, ohne sie noch alle durchbrochen zu haben, sie sind durch eine feine Schlamm- oder Erdlage von einander getrennt und im Durchschnitt 1 bis 2 Zoll mächtig. Man muß den Eltonsee als einen vereinzelten Ueberrest eines größeren Meeres betrachten, welches einst diese Steppengegenden bedeckte, sich zurückzog und zuletzt bis auf einen kleinen Rest verdunstete, und daraus erklärt sich auch, wie noch jetzt seine Zuflüsse salzhaltig sein können. Für Rußland ist dieser See ein unerschöpfliches Salzmagazin, denn das im Jahr 1804 von der Krone verkaufte Salz belief sich auf 15.372849 Pud (zu 40 russischen Pfunden), worunter 10.648897 Pud Elton-Salz waren. Zu den Salzseen in Europa gehört ein Landsee im Mannsfeld'schen, der, ungeachtet er mit einem süßes Wasser haltenden See in Verbindung steht, doch einen Salzgehalt genau wie die Ostsee hat; ferner der Neusiedlersee in Niederungarn. Andere Landseen haben Natron, z. B. in Ungarn auf der Debreziner Ebene, in Aegypten u. a., aus denen dieses Salz (das mineralische Laugensalz) jährlich in großer Menge, in Ungarn vom April bis Oktober, gewonnen wird. Es scheint, daß das Natron durch die Zersetzung des gemeinen Kochsalzes mittelst der kohlensauren Kalkerde, die sich in diesen Seen findet, erzeugt werde.

Unter die merkwürdigsten Seen gehört das todte Meer, 20 St. lang und 6 bis 7 St. breit; 1341' unter dem Niveau des mittelländischen Meeres, füllt es eine kraterförmige Einsenkung aus. Der Jordan ist sein Hauptzufluß, und seine tiefe Lage, noch mehr aber die bedeutende absolute Erhebung der südlichen Fortsetzung des Ghor (tiefes Thal zwischen zwei Bergreihen) zeigen, daß der Jordan nie aus dem todten Meere zum Meerbusen von Akaba abfließen konnte, daß also hier immer ein See bestanden haben muß, wenn auch von kleinerem Umfange als gegenwärtig. Dieser See gibt selbst in der Umgegend durch schreckliche Oede ein Bild des Todes. Den Eingang zu demselben bildet ein Salzthal mit einem mächtigen Salzlager. Sein Wasser enthält in 1000 Theilen 244 Theile salzsaure Magnesia, 106 salzsaure Kalkerde und 78 salzsaures Natron, es ist meist ruhig, klar und hell, aber wegen seines großen Salzgehaltes beträchtlich schwerer als anderes Wasser; denn seine Uferwelle spielt und plätschert nicht so leicht als anderwärts, und der Wind setzt den See nicht so schnell in Bewegung. Beim Baden fühlt man sich ohne alle Anstrengung von Händen und Füßen getragen; nach dem Waschen mit diesem Wasser empfindet die Haut ein leises, nicht unangenehmes Nesseln, ein längeres Verweilen in seiner Fluth soll ein Ablösen der Ober-

haut zur Folge haben. Fische oder Schnecken leben nicht in diesem übersalzigen Wasser, und die kleinen todten Fischchen, welche man öfters am Strande sieht, werden vom Jordan hineingeführt oder begleiten freiwillig seine Fluth, müssen aber ihre Wanderlust bald mit dem Leben bezahlen. Der See ist leblos; nur Salz und Asphalt, welches in großen Stücken auf ihm umherschwimmt, sind seine Erzeugnisse. Mächtige vulkanische Revolutionen mögen in der Vorzeit diesen Boden erschüttert haben, und daß die unterirdische vulkanische Thätigkeit noch immer fortdauert, davon geben die fortwährenden Erdbeben, die heißen Quellen und die Bildung des Asphaltes an den Küstenbergen des todten Meeres den klarsten Beweis. Höchst wahrscheinlich indeß war der Ausbruch, durch welchen Sodom und Gomorrha unterging, der letzte. — Ein anderer See mit sehr schwerem, stark salzigem Wasser ist der **Urmia** in den vulkanischen Gebirgen am Ararat; er nährt gleichfalls keine Fische, sein Salzgehalt soll um 1/3 größer sein als der des todten Meeres. Er ist so widerstrebend und hebend, daß man schon einige Mühe hat, um bei 3 Fuß Wassertiefe in demselben festzustehen; dagegen schwimmt man natürlich leicht obenauf. Auf den seichten Stellen, die der Wind nicht in Bewegung setzt, bildet sich stets ein Salzschlamm, der sich aber bei einsetzendem Winde leicht wieder auflöst.

§. 100. Es bleiben uns zum Schlusse noch einige eigenthümliche Erscheinungen der Landseen zu betrachten übrig, welche theils ihren Wasserstand, theils ihre Intermittenz betreffen. Für das erstere gibt uns der größte Landsee der Erde, der kaspische, der 160 Meilen lang, 25 — 60 Meilen breit und 6000 Q. M. groß ist, ein auffallendes Beispiel, indem sein Wasserspiegel gewissen Veränderungen unterworfen ist, ohne daß jedoch die Natur bei seinem Steigen oder Fallen eine bestimmte Ordnung oder Periodizität beobachtete. Genaue Untersuchungen ergaben das Resultat, daß der kaspische See zu einer Zeit, die jedenfalls sehr weit zurückgesetzt werden muß, mit dem Aralsee und dem asow'schen Meere zusammengehangen hat (s. unten §. 108). Nicht viel später, wenigstens vor Erbauung des jetzigen Baku, hat an den südlichen Küsten dieses Sees ein sehr bedeutendes Steigen seiner Oberfläche von vielleicht 50' Statt gefunden. Seitdem ist dieselbe im Ganzen zwar ziemlich gleich geblieben; doch lehren Beobachtungen ein geringes, allmäliges Fallen, indem die des 18ten Jahrhunderts um etwa 5 Fuß niedriger war, als im Jahr 1400, wo das Wasser in Baku noch bei der Moschee, also doch wol in den Straßen der Stadt stand; ferner ein zweimaliges Steigen und Fallen, indem man vom Jahr 1685 etwa bis 1715 ein Fallen um etwa 10 Fuß und dann wieder ein Steigen bis 1743 und Verbleiben in dieser Höhe bis 1816, und von diesem Jahre an ein merkliches, aber nicht durchaus regelmäßiges Fallen um etwa 10 Fuß bis 1830 beobachtet hat. Man hat früher dieses Steigen und Fallen von einem Emporheben und Niedersinken des Seebodens

durch vulkanische Kraft abgeleitet. Wiewol nun von der Thätigkeit dieser Kraft in jenem „Kraterlande der Erde“ aus früheren Zeiten unverkennbare Spuren vorhanden sind, und dieselbe sich jetzt noch auf mehreren Küstenpunkten des See's äußert, so stehen dieser Hypothese doch mancherlei schwer zu beseitigende Gründe entgegen, und viel einfacher und natürlicher erklärt man sich die ganze Erscheinung aus meteorischen Verhältnissen. Der Kaspisee nimmt nämlich vom Caucasus den Kur, Terek und die Kuma auf, vom Ural und aus Rußland den Jaik und die Wolga, und das Gebiet, innerhalb welchem diese Flüsse ihre Wasser sammeln, umfaßt einen Erdraum von etwa 45000 Q. M. Da nun der Kaspisee keinen bemerkbaren Abfluß hat und wegen seiner tiefen Lage an eine unterirdische Verbindung mit den andern, höher liegenden Meeren gar nicht zu denken ist, so kann das ihm von seinen Zuflüssen zugeführte Wasser nur durch Verdunstung entweichen, und es wird also vorzüglich darauf ankommen, ob ihm eine größere oder geringere Wassermasse zugeführt werde, d. h. ob sich auf jenem großen Gebiete die atmosphärischen Niederschläge vermehren oder vermindern. Ist bei einer bedeutenden Sommerwärme das letztere der Fall, so muß, da mit der Wärme auch die Verdunstung befördert wird, der Wasserspiegel des kaspischen See's sinken, ist aber die Sommerwärme unter dem Normalzustand, so wird das Gegentheil Statt finden. Die im Laufe des vorigen Jahrhunderts gefundenen Niveauhöhen des See's zeigen auch in der That, nach Berghaus, einen überraschenden Parallelismus mit denjenigen der Elbe. Auch beim Kaspisee bildet das Jahr 1780 einen Wendepunkt, bei dem die Niveauabnahme beginnt, und wenn an der Verminderung des Wasserstandes der deutschen und anderer Ströme eine Verminderung der atmosphärischen Niederschläge betheiligt war, so hat die Voraussetzung, daß dasselbe auch bei den Strömen des kaspischen See's der Fall gewesen sei, wenigstens eine über einen großen Theil von Europa sich erstreckende Analogie für sich.

Aehnlich den intermittirenden Quellen gibt es auch Seen, deren Wasser zurückweicht und wieder erscheint, und deren Bett vorzüglich in klüftigem Kalkgebirge ausgehöhlt vorkommt. Unter diesen Seen ist der Zirknitzersee seit langer Zeit berühmt gewesen. Seine Länge beträgt ¾ Meilen, seine Breite ½ und ¼ Meile, er wird aber nach lange anhaltendem Regenwetter größer, nach längerer Trockniß kleiner. Ringsum von Bergen eingeschlossen ist sein Boden ungleich, wie seine Tiefe, und diese wird noch außerdem durch die auf seinem Boden befindlichen Ablaufsgräben und Schlünde verändert. Wenn er sich in seinen gewöhnlichen Grenzen hält, beträgt seine Tiefe, die Gräben ungerechnet, etwa 4 Klafter, über diesen an manchen Stellen 5 bis 6, an anderen 7 bis 9 Klafter. Das Becken des Sees besteht aus Kalksteinschichten, welche mit einer großen Menge zu Tage gehender und wahrscheinlich noch mehreren verborgenen Höhlen und Grotten durchlöchert sind. Diese

Höhlen enthalten beständig Wasser, welches ihnen durch das zerspaltene und zerklüftete Gebirg zufließt. Unter diesen Höhlen gibt es zwölf, die Wasser geben und verschlingen, und achtundzwanzig, die es blos aufnehmen. Bei nassem und ungestümem Wetter werfen jene Höhlen, zum Theil mit großem Getöse, wie Springbrunnen eine ungeheure Menge Wasser von sich, besonders zwei, die schon nach einem nur wenige Stunden anhaltenden und mit Sturm und Gewitter begleiteten Regen den See so schnell unter Wasser setzen, daß Fischer kaum durch die schleunigste Flucht der Gewalt des eindringenden Wassers entrinnen können. Der See fließt ungleich geschwinder an als ab, denn wenn er bei vielem Regen in Zeit von 24 Stunden auf seinen gewöhnlichen Wasserstand erhoben wird, so braucht er, um ausgeleert zu werden, 25 Tage. So wird dieser See bei regnerischem Wetter durch verschiedene Kanäle mit Wasser erfüllt, gibt dieses durch andere wieder ab, und verliert hierdurch, sowie durch Verdunstung und verminderten Zufluß in trockenen Jahren fast alles Wasser. Was von seiner periodischen Austrocknung, zufolge welcher jährlich in diesem See gesäet, geerntet, gejagt und gefischt werden könne, gesagt worden ist, ist Fabel und lange von einem Schriftsteller dem andern nacherzählt worden. Vom Jahr 1707 bis 1714 war er beständig angefüllt und gab eine große Menge Fische. Wenn seine Abzugskanäle den Zuflußkanälen nicht mehr das Gleichgewicht zu halten vermögen, dann tritt der See weit in's Land hinein aus, überschwemmt Dörfer und Felder und erhebt sich bis zu 21 Fuß über den gewöhnlichen Stand. Im Januar 1834 lief er ab und blieb, was seit Jahrhunderten nie geschehen ist, bis Februar 1835 vollkommen ausgetrocknet. Ob im Jahr 1846 derselbe Fall eingetreten, ist mir unbekannt, aber scheint sehr wahrscheinlich zu sein.

Es gibt noch gewisse Veränderungen im Niveau des Seespiegels, welche von dem äußeren Impuls des Windes, sowie von dem jährlichen regelmäßigen Anwachsen des Wassers zur Zeit der Schneeschmelze ganz unabhängig sind, und von den Anwohnern des Genfersee's Seiches genannt werden. Sie sind diesem See allein nicht eigen, indem sie auch im Boden- und Zürchersee, im Neuschateller- und Comersee und andern See'n bemerkt worden sind, und sehr wahrscheinlich kommen sie fast in allen See'n vor, nur sind sie nicht überall beobachtet worden. Diese Erscheinung, welche am Bodensee Ruhß heißt, besteht darin, daß die Wasserfläche des See's an gewissen Orten innerhalb 15 bis 20 Minuten sich erhebt und nach einiger Zeit wieder herabsinkt. Im Genfersee beträgt die Seiche 3, 4 und selbst 5 Fuß, im Bodensee nur 4 bis 5 Zoll, im Zürchersee 1½ Zoll, in andern Seen nur wenige Linien. Im Jahr 1549 hatte der Bodensee eine höhere Seiche als die angegebene, indem das Wasser während einer Stunde vier bis fünf Mal eine Elle hoch anschwoll. Diese Wasserhebungen sind am merklichsten und stärksten da, wo der See seinen Abfluß hat; so steigen sie zwei Stunden von Genf nicht höher

als 1 bis 2 Zoll, und nahe bei der Rhonemündung sind sie noch niedriger. Am merkwürdigsten sind sie an den Verengungen des See's. Sie ereignen sich übrigens zu allen Jahreszeiten und in allen Tagesstunden, doch häufiger bei Tag als bei Nacht, und häufiger im Frühjahr und Herbst, als im Sommer und Winter, und kommen überhaupt sehr oft vor, können aber, weil sie gewöhnlich nur einige Linien, höchstens einige Zoll betragen, nur an Pegeln, d. h. an vertikal in Strömen oder See'n aufgerichteten Maßstäben, beobachtet und gemessen werden. Die Seiches treten ohne irgend eine unruhige Bewegung, ohne Wellenschlag, ohne Strömung in der Wasserfläche ein; ihre Dauer ist sehr verschieden, selten 20 bis 25 Minuten, und sie sind um so häufiger und stärker, je veränderlicher der Zustand der Atmosphäre ist. Die allgemeine Ursache derselben ist in dem gleichzeitig auf verschiedene Theile des Sees erfolgenden ungleichen Druck der Luft zu suchen, also in einem Einfluß des atmosphärischen Druckes, der nach § 87 in Binnenmeeren verwandte Wirkungen hervorbringt, und der ganz neuerlich auch auf das mittlere Niveau des Ozeans dargethan worden ist.

Dritter Abschnitt.

Vom Lande.

I.

Physiognomik des Festlandes.

§. 101. Die beiden Umhüllungen der starren Oberfläche unsers Planeten, die luftförmige und tropfbar-flüssige, welche in den beiden vorangehenden Abschnitten Gegenstand der Betrachtung waren, bieten zwar mancherlei Kontraste dar, welche ihren Grund in der großen Verschiedenheit ihres Aggregats- und Elastizitätszustandes haben; sie zeigen aber auch, wegen der Verschiebbarkeit ihrer Theilchen, manche Analogien, wie wir solche namentlich in ihren Strömungen, ihren Ebben und Fluthen und ihren Temperaturverhältnissen erkennen. Denn nicht nur tellurische, auch kosmische Kräfte äußern in der Art mittelbar oder unmittelbar ihren Einfluß auf Luft und Meer aus, daß manche Erscheinungen derselben ohne die letzteren gar nicht erklärt werden könnten. Vielfach ragt der feste Boden, zu dessen Betrachtung wir uns jetzt wenden, in diese Umhüllungen hinein; während er aber an zahlreichen Stellen sich über das Niveau des Meeres erhebt, erreicht er in keinem Punkte die obere, wellenschlagende Grenze der Atmosphäre. Wir betreten auf ihm ein Gebiet, auf dem sich vorzugsweise und mannigfach die planetarische Lebensthätigkeit der Erde offenbart, welche Erscheinungen und Gebilde hervorgerufen hat und noch hervorruft, die mit den uns bisher bekannt gewordenen wenig Analoges haben und einen vorzüglichen Theil der noch nicht abgeschlossenen Geschichte unsers Erdballs ausmachen.

Es ist oben, §. 76, die relative Quantität des Festlandes und der Meere in Zahlen angegeben worden, woraus sich ergeben hat, daß nur wenig über ein Viertheil von der gesammten Erdoberfläche dem trockenen Lande angehört. Dasselbe ist zudem in kleineren und größeren Landmassen gruppenweise in den Ozeanen vertheilt, wodurch, wie wir wissen, in den Tempera-

turen, dem Luftdruck, den Windrichtungen und dem Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre die mannigfachsten Abwechselungen hervorgebracht werden. Die horizontale Gestaltung des Festlandes in seinen allgemeinsten Verhältnissen der Ausdehnung war bei den alten Griechen schon frühe ein Gegenstand der Betrachtung, obgleich ihnen nur die Ländermasse, die wir jetzt die alte Welt nennen, und diese nicht einmal bis zu ihren äußersten Grenzen, bekannt war; sie suchten das Maximum der Ausdehnung in der Richtung von Osten nach Westen unter dem Parallel von 36°, und zwar auf der nördlichen Hemisphäre, wo die Erde, nach ihrem Ausdrucke, eine breite Brust hat, und dachten sich die Längenachse ausgedehnt von den Säulen des Herkules bis zum Lande der fernen Sinä oder Thinä. Im 15. Jahrhundert herrschte die Meinung, daß die Meere nur den siebenten Theil der Erdoberfläche bedeckten, und man gab daher dem Festlande eine so große Längenausdehnung nach Osten, daß Columbus, so richtige Vorstellungen er sonst von der Gestalt der Erde hatte, glaubte, die Insel Zipangu (Japan) in 750 Leguas (über 570 geogr. Meilen) Entfernung von den canarischen Inseln zu treffen, statt dessen aber Amerika auffand. Erst seitdem die großen Entdeckungen der Seefahrer unserer Zeit vollendet, war es möglich, sich von der horizontalen Konfiguration des festen Landes ein richtiges Bild zu entwerfen. Zwar eine geometrische, d. h. eine nach einem mathematischen Gesetze gebildete Gestalt zeigt der Umriß derselben weder im Einzelnen noch im Ganzen, dessen ungeachtet scheint sie keineswegs blos das Werk zufälliger Umstände zu sein, wenn gleich die Ursache einer Gesetzmäßigkeit bis jetzt mehr nur geahnt als erkannt worden ist. Eine Annäherung, Vereinigung und Ausbreitung des Landes im Norden, ein Auseinandertreten und eine Theilung, sowie die zugespitzte Verengerung der Theile gegen Süden, die weitere Absonderung in eine alte und eine neue Welt, endlich die Vertheilung von jener in die durch ihren physikalischen, organischen und anthropologischen Charakter unter einander und gegen die neue Welt verschiedenen Welttheile, an welche sich noch ein jüngerer anschließt, dessen physische Unreife daraus hervorzugehen scheint, daß seine großen Ströme noch nicht dazu gekommen sind, sich ein Bett zu graben, sondern in Schilfebenen ausgehen; — dies sind die Hauptmomente der horizontalen Gestaltung der Landfesten. Halbiren wir die Erde durch den Aequator und den Meridian von Teneriffa, so zeigt sich, daß beträchtlich mehr Land auf der nördlichen und östlichen Halbkugel über den Meeresspiegel erhoben ist, als auf den entgegengesetzten Hemisphären; die beiden großen, auf allen Seiten vom Ozean umflossenen Ländermassen, die östliche und westliche Feste, breiten sich auf der nördlichen Halbkugel massenhaft aus und umgeben, meist in dem 70. Breitenparallel abgeschnitten, von welchem nördlich alles Land nur aus abgesonderten Inseln besteht, in einem weiten Kreise den arktischen Pol. In der alten Welt ist

die Lage der langen Achse von Südwest gen Nordost, in der neuen dagegen meridianartig von Süd-Südost nach Nord-Nordwest, was für beide einen auffallenden Kontrast der Totalgestaltung ergibt, bei manchen Aehnlichkeiten der Bildung im Einzelnen, namentlich der einander gegenüber liegenden, oft selbst der entferntesten Küsten. Die breitesten Landmassen beider Festen lagern in der nördlichen gemäßigten Zone, jedoch enthalten auch die nördliche kalte und der nördliche Theil der heißen Zone große Strecken Land. Im Süden geht alles Festland sich in Spitzen verjüngend aus, die sich in ansehnlicher Höhe über die Meeresfläche erheben und meistens eine submarine Verlängerung in Inseln und Bänken zeigen; so der Feuerlands-Archipel an der Südspitze Amerika's, die Lagullasbank südlich vom Vorgebirg der guten Hoffnung, Vandiemensland, das durch die Baßstraße von Australien getrennt ist. Cook's Begleiter auf dessen zweiter Weltumseglung, Reinhold Forster, hat diese Gestaltung der Erdtheile näher zu bestimmen gesucht. Von der Südspitze Afrika's, als dem Extrem der ganzen alten Welt, zu denjenigen von Australien und Südamerika nähern sich diese drei Kontinente dem Südpol stufenweise immer mehr; ihre Endspitzen sind felsig und bestehen aus Urgebirgen; ostwärts von denselben in einer etwas nach Norden gehenden Richtung liegen allemal eine oder mehrere Inseln, während westwärts an den nach Norden laufenden Küsten das Land einen mehr oder weniger ausgebildeten Busen einschließt, was sich in Afrika und Südamerika am deutlichsten zeigt. „Die busenförmige Einbeugung des afrikanischen Gestades bei Fernando Po ($4\frac{1}{2}^{\circ}$ nördl. Br.) wiederholt sich in dem Südseegestade unter $18\frac{1}{4}^{\circ}$ südl. Br. in dem Wendepunkte bei Arica, wo die peruanische Küste plötzlich ihre Richtung von Süden nach Norden in eine nordwestliche verwandelt. Diese Veränderung der Richtung erstreckt sich in gleichem Maße auf die in zwei Paralleljöcher getheilte hohe Andeskette: nicht blos auf die dem Littoral nahe, sondern auch auf die östliche, dem frühesten Sitz menschlicher Kultur im südamerikanischen Hochlande, wo das kleine Alpenmeer von Titicaca von den Bergkolossen des Sorata und Illimani begrenzt wird.“ (Humboldt.) Das volle 12 Breitengrade lange Neu-Seeland bildet sehr regelmäßig ein Zwischenglied zwischen Australien und Südamerika, ebenfalls mit einer Insel (Neu-Leinster) endigend. Aus dieser Gestaltung, sowie aus der Zerrissenheit vieler Inseln und Inselgruppen in der Nähe dieser Endspitzen folgerte Forster, daß eine große Fluth vom Südpol her die Ursache dieser Erscheinung gewesen sei; auf jeden Fall deutet Alles auf ein gemeinsames Bildungsprinzip der großen zusamenhängenden Massen. Humboldt macht für die Konfiguration der Welttheile auf die merkwürdige Erscheinung aufmerksam, daß fast ganz unter denselben Meridianen, unter welchen sich in der Ländermasse des alten Kontinentes die größte Ausdehnung gegen Süden zeigt, auch die nördlichsten Gestade am höchsten gegen den Nordpol vor-

dringen. Dies ergibt sich aus der Vergleichung des Vorgebirgs der guten Hoffnung und der Bank Lagullas mit dem europäischen Nordkap, der Halbinsel Malakka mit dem sibirischen Kap Taimura oder Siewero-Wostotschui. Ob die Erdpole von einem Gürtel festen Landes umgeben seien, oder ob Eismeere sie umfließen, dies wissen wir nicht; am Nordpol ist man bis 82° 55′ Breite gelangt, ohne Land zu treffen, am Südpol datirt seit 1830 eine Reihe von Entdeckungen, durch welche wir jetzt eine zusammenhängende Küste kennen, die sich von 95° bis 195° der Länge erstreckt, und deren mittlere südliche Breite 67° ist. Im Osten krümmt sie sich südlich, und hier sind Roß und Crozier 1841 bis zum 79° längs dieser Küste vorgedrungen und an verschiedenen Punkten gelandet. Hohe Berge, die sie theils nahe vor sich hatten, theils in der Ferne erblickten, und unter denen sich ein mächtiger Vulkan befand, deuteten auf eine beträchtliche Ausdehnung des Landes. Sollte es sich indeß auch bis zum Südpol erstrecken und diesen selbst einschließen, so würde dennoch das angegebene Verhältniß der Landvertheilung sich nur unerheblich ändern.

Die vorhin erwähnte Gestaltung großer Ländermassen, gegen Süden sich in Spitzen zu verjüngen und pyramidal auszulaufen, wiederholt sich auch im Kleinen in allen Halbinseln von einiger Bedeutung; so in Californien, Florida; Kamtschatka, Korea; Scandinavien; besonders aber in den drei asiatischen Halbinseln des indischen Ozeans, Arabien, Hindustan und Malakka, und in den drei entsprechenden europäischen des Mittelmeeres, der iberischen, italischen und hellenischen. Diese drei südlichen Halbinseln beider Erdtheile haben schon die Alten mit einander in Vergleichung gebracht, und es läßt sich nicht leugnen, daß sie viele Analogien mit einander gemein haben, welche die comparative Geographie aufzählt. Einen Hauptunterschied bietet indeß ihre geographische Lage dar, indem den asiatischen der nach Süden sich immer mehr erweiternde indische Ozean, den europäischen das wärmestrahlende tropische Afrika in seiner größten Ausdehnung vorgelagert ist, welches so viel beiträgt zur Erhöhung des südeuropäischen Klimas. Diese Halbinselbildung ist es übrigens, welche die wagrechte Gliederung der Erdtheile charakterisirt. Europa, mit einem fünfmal kleineren Areal als das von Asien, ist gewissermaßen nur eine westliche vielgegliederte Halbinsel des asiatischen, weniger stark gegliederten Erdtheils; auch beweisen, bemerkt Humboldt, die klimatischen Verhältnisse Europa's, daß es sich zu Asien verhält, wie die peninsulare Bretagne zu Frankreich. Afrika und Südamerika, die überhaupt hinsichtlich ihrer wagrechten Ausdehnungen große Aehnlichkeit mit einander haben, sind unter allen großen Ländermassen die ungegliedertsten und haben daher auch eine sehr unvollkommene Küstenentwickelung. Es ließe sich nachweisen, daß sich in den Erdtheilen noch andere Gestaltungen wiederholen, wenn in's Einzelne einzugehen hier am Platz wäre; nur dies

sei hier noch erwähnt, daß in der südlichen Hemisphäre von Valdivia und Chiloe an durch den Archipel des los Chonos bis zum Feuerlande die seltene Fiordenbildung, jenes Gewirre schmaler, tief eindringender Busen, sich wiederholt findet, welche im Norden die Küsten von Norwegen und Schottland auszeichnet.

Steffens geht in seiner Ansicht von der horizontalen Gestaltung der Erdtheile noch weiter als Forster und Humboldt; er glaubt an denselben eine regelmäßig übereinstimmende Bildung wahrzunehmen, und theilt alles feste Land in drei große Erdtheile, von denen ihm ein jeder in zwei, auf der nördlichen und südlichen Halbkugel liegende, Hauptheile zerfällt. Der reinste und vollendetste Typus dieser Gestaltung im Großen wäre seiner Ansicht nach Amerika: zwei Länderabtheilungen, eine nördliche und eine südliche, beide an einer Ecke durch eine Landenge mit einander verbunden, welche auf der einen Seite einen Archipel, auf der andern eine Halbinsel hat. Bei den beiden andern Erdtheilen erscheint aber diese Symmetrie keineswegs so in die Augen fallend, indem ihre nördlichen Abtheilungen, Europa und Asien, zusammengewachsen sind. Außerdem ist die Landenge, welche Asien mit Australien verbinden sollte, durchbrochen und besteht aus einer Inselreihe; auch sind diese verbindenden Isthmen von auffallend ungleicher Länge, ebenso stehen die zu beiden Seiten der Landengen liegenden Halbinsel und Archipel in keinem Verhältniß zu einander, das ein streng symmetrisches genannt werden könnte; und was endlich die beiden Länderabtheilungen selbst betrifft, so bleiben sie insofern hinter dem amerikanischen Typus zurück, als im europäisch-afrikanischen Erdtheile die südliche über die nördliche, im asiatisch-australischen die nördliche über die südliche das Uebergewicht hat. Man dürfte daher in den beiden Erdtheilen der östlichen Halbkugel eine Wiederholung des amerikanischen Typus ohne Beihülfe der Phantasie nicht so leicht erblicken. Es ist überhaupt eine feste Regel, welche die Natur bei Anordnung und Gliederung der Landmassen befolgt haben mag, schwer zu entdecken, indem die Aehnlichkeiten der Form, mit Ausnahme der Massenausdehnung der Kontinente im Norden und ihrer Verjüngung im Süden, sowie der gleich zu erwähnenden Küstenbildung des atlantischen Ozeans, im Ganzen nicht groß sind. Was aber den eben erwähnten Ozean betrifft, so trägt er alle Spuren einer Thalbildung an sich. „Es ist, bemerkt A. v. Humboldt, als hätten fluthende Wasser den Stoß erst gegen Nordost, dann gegen Nordwest und dann wieder nordöstlich gerichtet. Der Parallelismus der Küsten, nördlich von 10° südl. Breite an, die vor- und einspringenden Winkel, die Konvexität von Brasilien dem Golf von Guinea gegenüber, die Konvexität von Afrika unter einerlei Breiten mit dem antillischen Meerbusen sprechen für diese gewagt scheinende Ansicht.“ Gewiß ist wenigstens, daß das atlantische Meer im Norden unter allen offenen Ozea-

nen am ersten einem Kanal verglichen werden kann, und daß seine eingeschnittenen und inselreichen Ufer den uneingeschnittenen entgegenstehen.

„Dies sind, sagt Humboldt, nachdem er seine Ansicht über den so eben besprochenen Gegenstand geäußert, die allgemeinsten Betrachtungen über die dermalige (horizontale) Gestaltung der Kontinente, wie sie der Anblick der Oberfläche unsers Planeten veranlaßt. Wir haben Thatsachen zusammengestellt, Analogien der Form in entfernten Erdstrichen, die wir nicht Gesetze der Form zu nennen wagen. Wenn man an dem Abhange eines noch thätigen Vulkans, z. B. am Vesuv, die nicht ungewöhnliche Erscheinung partieller Hebungen beobachtet, in denen kleine Theile des Bodens, vor einem Ausbruch oder während desselben, ihr Niveau um mehrere Fuß bleibend verändern und dachförmige Gräthen oder flache Erhöhungen bilden; so erkennt der Wanderer, wie von geringfügigen Zufällen der Kraftintensität unterirdischer Dämpfe und der Größe des zu überwindenden Widerstandes es abhangen muß, daß die gehobenen Theile diese oder jene Form und Richtung annehmen. Eben so mögen geringe Störungen des Gleichgewichts im Innern unsers Planeten die hebenden elastischen Kräfte bestimmt haben, mehr gegen die nördliche als gegen die südliche Erdhälfte zu wirken, das Festland in der östlichen Erdhälfte als eine weite zusammenhängende Masse mit der Hauptachse fast dem Aequator parallel, in der westlichen, mehr ozeanischen Hälfte schmal und meridianartig aufzutreiben. — Ueber den Causalzusammenhang solcher großen Begebenheiten der Länderbildung, der Aehnlichkeit und des Kontrastes in der Gestaltung, ist wenig empirisch zu ergründen. Wir erkennen nur das Eine: daß die wirkende Ursache unterirdisch ist; daß die jetzige Länderform nicht auf einmal entstanden, sondern nach mannichfaltigen oscillirenden Hebungen und Senkungen des Bodens sich allmälig vergrößert hat und aus einzelnen kleineren Kontinenten zusammengeschmolzen ist. Die dermalige Gestaltung ist das Produkt zweier Ursachen, die auf einander folgend gewirkt haben: einmal einer unterirdischen Kraftäußerung, deren Maß und Richtung wir zufällig nennen, weil wir sie nicht zu bestimmen vermögen, weil sie sich für unsern Verstand dem Kreise der Nothwendigkeit entziehen; zweitens der auf der Oberfläche wirkenden Potenzen, unter denen vulkanische Ausbrüche, Erdbeben, Entstehung von Bergketten und Meeresströmungen die Hauptrolle gespielt haben. Wie ganz anders würde der Temperaturzustand der Erde, und mit ihm der Zustand der Vegetation, des Ackerbaues und der menschlichen Gesellschaft sein, wenn die Hauptachse des neuen Kontinentes einerlei Richtung mit der des alten hätte; wenn die Andeskette, statt meridianartig, von Osten nach Westen aufgestiegen wäre; wenn südlich von Europa kein festes, wärmestrahlendes Tropenland (Afrika) wäre; wenn das Mittelmeer, das einst mit dem kaspischen und rothen Meere zusammenhing und ein so

wesentliches Beförderungsmittel der Völkergesittung geworden ist, nicht existirte, wenn sein Boden zu gleicher Höhe mit der lombardischen oder pyrenäischen Ebene gehoben worden wäre!"

§. 102. Die wagrechte Ausdehnung ist aber nur die eine Seite räumlicher Verhältnisse, unter welcher uns die Kontinente erscheinen, die geographische, nach welcher wir ihre horizontalen Dimensionen, sowie ihre durch die Meeresgestade bezeichnete Form ihrer Ränder betrachten. Zu dieser äußeren Gliederung muß, wenn wir eine vollständige Anschauung der Gestaltung der Erdtheile gewinnen wollen, die innere treten, die physikalische, welche jene hundertfältig ergänzt und bedingt, und uns mit der plastischen Gestaltung, der senkrechten Erhebung des Bodens, bekannt macht. Erst durch sie wird die Anschauung der Erdtheile zu einer wahrhaft belebten, weil von ihr zum größten Theil die Vertheilung der Klimate und der lebendigen Organismen abhängig ist.

„Wenn mächtige und hohe Gebirgsketten, bemerkt Humboldt, als Zeugen großer Erdrevolutionen, als Grenzscheiden der Klimate, als Wassertheiler oder als Träger einer anderen Pflanzenwelt unsere Einbildungskraft beschäftigen; so ist es um so nothwendiger, durch eine richtige numerische Schätzung ihres Volumens zu zeigen, wie gering im Ganzen die Quantität der gehobenen Massen im Vergleich mit dem Areal ganzer Länder ist." Es ist schon §. 12 angeführt worden, daß z. B. die Masse der östlichen und westlichen Alpenkette, auf das Areal des europäischen Flachlandes gestreut, die Höhe desselben nur um 20 Fuß vermehren würde. Laplace hat die mittlere Höhe der Kontinente zu 3078 Fuß angeschlagen, und wurde zu dieser Annahme durch Hypothesen über die mittlere Tiefe des Meeres veranlaßt. „Durch eine mühevolle Arbeit, sagt Humboldt, die aber ihrer Natur nach nur eine obere Grenze, d. i. eine Zahl angibt, welche wol kleiner, aber nicht größer sein kann, habe ich gefunden, daß der Schwerpunkt des Volumens der über dem jetzigen Meeresspiegel gehobenen Länder in Europa und Nordamerika 630 und 702, in Asien und Südamerika 1062 und 1080 Fuß hoch liegt. Diese Schätzungen bezeichnen die Niedrigkeit der nördlichen Regionen: die großen Steppen des Flachlandes von Sibirien werden durch die ungeheure Anschwellung des asiatischen Bodens zwischen den Breitengraden von 28½° bis 40°, zwischen dem Himalaya, dem nordtübetischen Küen-lün und dem Himmelsgebirge, compensirt. Man liest gewissermaßen in den gefundenen Zahlen, wo die plutonischen Mächte des innern Erdkörpers am stärksten in der Hebung der Kontinentalmassen gewirkt haben."

Ist nun bezüglich der plastischen Gestaltung der Erdtheile von Erhebungen und Vertiefungen die Rede, so ist vor Allem zu bemerken, daß sowol das relative Verhältniß derselben zu ihren Umgebungen, als auch das absolute im Vergleich zur Oberfläche des sphäroidischen Meeresspiegels

gleichzeitig in's Auge zu fassen ist, weil nur so ein vollkommenes Reliefbild von der wahren Gestaltung der Festländer gewonnen werden kann. Es gilt dies von Bergen, und eben so sehr von Thälern und Flächen. Wird diese Rücksicht unterlassen, so kann sehr leicht geschehen, daß man eine Erhebung für unbedeutend hält, die doch durch ihre absolute Höhe einer ausgezeichneten Erwähnung würdig ist, und daß uns dieselben Berge bald riesengroß, bald als unbedeutend erscheinen. Wer ferner nur auf die relative Höhe der Thäler und Flächen sieht, kann dadurch verleitet werden, sie zum niedrigen Land, zum Tiefland, zu zählen, während doch viele derselben, von einem andern Standpunkte betrachtet, sich in ansehnlicher Höhe befinden, Hochthäler und Bergebenen bilden. Für die Charakteristik dieser letzteren genügt es nicht zu wissen, daß sie sich in einer niedrigern Lage als ihre Umgebungen befinden, denn eine wesentliche Verschiedenheit ihrer physischen Beschaffenheit hängt davon ab, ob sie mehrere hundert oder tausend Fuß mehr oder weniger über dem Nullpunkt der allgemeinen Skale erhoben, in die Atmosphäre hineinragend sich befinden. An die richtige Vorstellung von Berg und Thal reiht sich unmittelbar der Begriff eines Gebirges, dessen einzelne Theile (Berge), wenn es in Wahrheit eines genannt werden kann, sich zum Ganzen verhalten, wie die Glieder zum gemeinsamen Stamme. Ritter gibt folgende Definition: Ein Gebirg ist eine gewisse Summe von Bergen, welche nach gewissen Gesetzen und in bestimmten Begrenzungen mit einander verbunden sind. Die Richtigkeit dieser Begriffsbestimmung ergibt sich schon aus der Betrachtung über die allgemeine Vertheilung der Gebirge über die Oberfläche des Festlandes, ohne daß man nöthig hätte, in eine einläßlichere Darstellung des physischen Charakters der Gebirge einzugehen.

Früher hatte man die Ansicht, und sie hat sich bei Manchen fast bis auf unsere Tage erhalten, daß die Gebirge auf der ganzen Erde Verzweigungen eines Stammes, wenn auch eines sehr zusammengesetzten, seien, daß die erhabensten Punkte mit einander in einer mehr oder weniger auffallenden Verbindung stehen und daß ein Zusammenhang der Art, wo er nicht unmittelbar wahrgenommen werde, durch spätere zerstörende Ereignisse unterbrochen worden sei. Man hielt letzteres für eine Ausnahme von der ursprünglichen gesetzmäßigen Beschaffenheit der Erdoberfläche. Nach Analogie der Thiere betrachtete man die Erde als ein organisches Individuum und erblickte in ihren Gebirgen das Gerippe desselben, das man das Knochengerüst der Erde nannte, auf welches gestützt erst die übrigen Theile des Erdkörpers ihre Ausbildung erhalten hätten. Buache vornehmlich hat diese Vorstellung am vollständigsten ausgebildet; seiner Ansicht nach laufen alle Gebirge des Festlandes von einigen Punkten der Erdoberfläche strahlenförmig aus und treffen die Strahlen eines jeden Hauptvereinigungspunktes an ihren Enden zusammen. Diese Mittelpunkte für die Vertheilung der Ge-

birge betrachtete er als die höchsten Punkte der Erdoberfläche, von welchen die Quellen der größten Flüsse herabfließen, aus einer Menge von innig verwachsenen Bergen gebildet, und er zuerst gab ihnen den Namen Plateau. Er nahm an, daß im Innern aller großen Erdtheile wenigstens eine solche Bergplatte gefunden werde, und die größte setzte er in das Innere von Asien. Von dort ließ er dann einen Gebirgsstrahl nach Amerika ausgehen, einen andern nach Europa, und einige minder bedeutende nach China, nach Vorder- und Hinterindien und nach dem Kaukasus. Fast eben so ansehnlich erschien ihm der Gebirgsknoten von Afrika. Dieser sendet quer durch die Wüste Sahara nach dem Atlas und der Meerenge von Gibraltar Zweige, einen andern nach der Landenge von Suez, wieder andere nach der Küste von Guinea, sowie ans Kap der guten Hoffnung. In Amerika nahm Buache zwei Hauptgebirgsknoten an, welche in der Mitte seiner südlichen und nördlichen Hälfte liegen, und zwar den letztern in der Gegend der großen Seebecken von Canada, und ließ deren äußerste Zweige sich in der Landenge Panama treffen. Ebenso glaubte er deren zwei in Europa annehmen zu müssen, den einen in der Schweiz um den St. Gotthard, und den andern in der Ebene von Rußland, an den Quellen des Don und der Wolga. Nicht zufrieden damit, brachte er auch die Gebirge der alten und neuen Welt quer durch die weiten Meere in unmittelbare Verbindung mit einander, wobei ihm die Inseln, Klippen und Sandbänke die Merkzeichen waren, mit deren Hülfe er seine submarinen Gebirgsketten konstruirte. Andere Grundsätze leiteten Buffon bei seinen Betrachtungen über die Vertheilung der Gebirge; seine Phantasie fand in der Richtung der Gebirgsketten eine gewisse Beziehung zu den Meridianen und Parallelkreisen und er nahm an, daß die Erdoberfläche von einem Netz von Bergketten überzogen sei, wie unsere Karten von Parallelkreisen und Meridianen. Allein ganz anders zeigt uns eine naturgetreue Darstellung die vertikale Gestaltung der Erdoberfläche, als sie uns durch solche Konstruktionen vorgeführt wird, und mit Recht nennt sie daher Ritter in die Natur hineingezwängte, nicht aus ihr hervorgegangene Ansichten. Die Art, wie Buache seine Hochländer vertheilte, der Platz, welchen er ihnen anwies, zeigt sich besonders in Amerika und Afrika und selbst in Europa völlig unrichtig, und insbesondere sind die von diesen Hochlanden auslaufenden Bergketten in den meisten Fällen in der Natur gar nicht vorhanden, eben so wenig als die behauptete Verbindung der Gebirge unter einander. Wir sehen also, wie verfehlt das Bestreben ist, die mannigfaltigen Bildungen der Natur in die Formen eines einseitigen, überall regelmäßige Gleichförmigkeit voraussetzenden Systems einzuzwängen. Die hebenden Kräfte im Innern unsers Planeten haben, wie ganze Erdtheile, so auch die senkrechten Glieder derselben hervorgebracht; es kann folglich unter der Einwirkung dieser unterirdischen Mächte, deren Intensität und Richtung von

vielfachen, nicht zu bestimmenden Umständen abhing, von einem allgemeinen Zusammenhang der Gebirge keine Rede sein, vielmehr erscheinen sie überall, wie die Definition Ritters es ausspricht, in bestimmte Grenzen eingeschlossen.

Die Begründung einer wahrhaft naturgemäßen Ansicht von der Oberflächengestalt der Kontinente datirt erst seit A. v. Humboldt, L. v. Buch und K. Ritter. Der erste dieser drei geistvollen Naturforscher besaß an seinen geognostischen Kenntnissen ein Hülfsmittel, das vor ihm bei Betrachtungen über die Vertheilung und den Zusammenhang der Gebirge nicht war angewandt worden, und es leuchtet ein, daß die eigenthümlichen Verhältnisse der Form und der Gliederung der Gebirgsmassen im Wesentlichen von dem innern Bau derselben, von der Beschaffenheit und der Anordnung ihrer verschiedenen Bestandtheile abhängig sein müssen, und daß man daher, wenn man von diesem Standpunkte ausgeht, nicht mehr, wie es bis dahin der Fall war, Gefahr laufen kann, zu trennen, was zusammengehört, und zu verbinden, was getrennt werden muß. Humboldt erklärte anfangs in Folge mehrjähriger Forschungen in unsern Alpen und den Anden Amerikas, daß alle Gebirge in ihren Haupterstreckungen in Parallelzügen vertheilt seien und einen Winkel von 45°—57° mit der Erdachse machen, indem er sich zugleich bemühte, die Ursachen dieser Erscheinung in der Anziehung der Materie und im Umschwung der Erde bei ihrer Bildung zu suchen. Aber genauere Untersuchungen, welche durch ähnliche von Buch unterstützt wurden, zeigten ihm später, daß dieses supponirte Gesetz sich nicht allgemein durchführen lasse, und man gelangte zu der Ueberzeugung, daß ein jedes Gebirge durch eine übereinstimmende Richtung seiner Hauptmasse, sowie seiner einzelnen Glieder (Berge) charakterisirt werde, und daß die Streichungslinie der meisten Gebirge sich in drei oder vier Hauptrichtungen sondern lasse. Man sieht leicht, daß, wenn man dieser Ansicht folgt, man nicht mehr in den Fall kommt, das Aeußere der Gebirge im Widerspruch mit deren Innerem und den Kräften, die bei ihrer Entstehung gewirkt haben, aufzufassen und darzustellen *).

Im Relief der Oberfläche des trocknen Landes bilden die **Tiefländer** und **Hochländer** die beiden Hauptgegensätze. Jene sind flache oder durch Hügel wellenförmig gebildete Landstrecken von höchstens 500′ absoluter Höhe und unterscheiden sich von den Gebirgsländern und Hochebenen theils durch

*) Necker de Saussure nimmt an, daß zwischen der allgemeinen Richtung des Streichens der Gebirge und den Linien von gleicher magnetischer Intensität in der nördlichen Halbkugel gewisse Beziehungen statt finden. Er erkennt in der Richtung der isomagnetischen Kurven auf Karten der nördlichen Halbkugel einen allgemeinen Parallelismus derselben mit den ihnen zunächst liegenden Küsten, ja mit den nächsten Gebirgsketten und dem Streichen der Schichten.

ihre relativ oder absolut tiefere Lage, theils durch eine viel größere Gleichförmigkeit ihrer Oberfläche, so daß man in ihnen nach allen Seiten hin ganz freien Horizont hat. Der Unterschied von Berg und Thal ist in ihnen verschwunden, oder zeigt sich wenigstens so unbedeutend, daß der Charakter der Ebene nicht wesentlich geändert wird. Wenn die unterirdischen Kräfte in den Hochländern die deutlichsten Spuren ihrer gewaltsamen Wirksamkeit hinterlassen haben, so scheinen dagegen die Tiefländer, seitdem sie aus den Fluthen des Meeres emporgehoben worden sind, viel weniger von ihnen gestört worden zu sein, worin ein Hauptgrund ihrer Einförmigkeit und des öden Einerlei so mancher oft wagrechter Ebenen zu suchen ist. Die Tiefländer finden sich viel seltener als Hochländer im Innern der Kontinente ohne Berührung mit dem Meere, sondern erstrecken sich in den meisten Fällen von der Küste aus mehr oder weniger weit gegen das Innere hin, wo sie die Hochländer umgeben, wie namentlich in Asien und Europa. Sie nehmen einen größern Flächenraum ein, als die Hochebenen. Vollkommen meeresgleich sind sie nur an wenigen Stellen, wie z. B. in Belgien und Holland, wo einzelne Punkte selbst tiefer als das Meer liegen und bekanntlich mit großen Kosten künstlich geschützt werden müssen; das kaspische Tiefland geht ebenfalls unter die Fläche des Meeres hinab, aber natürlich ohne Verbindung mit diesem. Nicht alle diese Tiefebenen hat der Pflug in fruchtbare Länderstriche zu verwandeln vermocht, viele derselben befinden sich in einem von Pflanzen, organischem Leben und Bewohnung mehr oder minder entblößten Zustande, und dies ist der Grund, warum man sie Wüsten und Steppen nennt*). Jene sind mit feinem Kiessand bedeckte, oder auch ganz nackte, felsige Flächen, todt und menschenleer, wie z. B. die Sahara, deren östliche Theile indeß Savannen und Triften enthalten, die Kulturstellen der Wüste; der westliche Theil dagegen ist mit Flugsand bedeckt, der vom Winde in Hügel aufgethürmt wird, fast völlig oasenleer, ein Ozean ohne Wasser, dessen Sandfluthen so reichlich von Salz durchdrungen sind, daß weite Flächen mit einer aus diesem Mineral gebildeten Kruste überzogen und wie mit Eiskristallen bedeckt erscheinen. Solche sandige, pflanzenleere Wüsten fehlen in der neuen Welt fast ganz. Die Steppen sind zum Theil reichlich mit Gramnineen oder kleinen Gewächsen aus der Klasse der Dicotyledonen und mit animalischem Leben bedeckt, und nur durch Einförmigkeit ermüdend. Wüsten und Steppen findet man in allen Zonen, und zwar als Tief- und Hochländer, in der alten wie in der neuen Welt, aber nirgends

---

*) Das russische Wort Steppe bedeutet eine große, unbewohnte und waldlose Strecke flachen Landes, synonym mit dem deutschen Haide, dem französischen landes, oder mit den von den amerikanischen Tiefebenen gebräuchlichen Savannen, oder Prairies, Pampas, Llanos (loca plana). Bergh.

zeigen sich letztere so wagrecht, als in Südamerika, wo die Llanos der Oberfläche des Ozeans beinahe vollkommen entsprechen. Niemand hat, meines Wissens, die Bodenform der Steppenländer trefflicher geschildert als Humboldt, und da das Charakteristische derselben weniger allgemein bekannt ist, als das der Gebirgsländer, so mag eine vergleichende Schilderung, wie sie Humboldt selbst aus der Anschauung verschiedener Steppen gewonnen, hier am geeigneten Platze sein. „Die Sonne, beginnt er beim Eintritt in die Llanos, stand fast im Zenith, der Boden hatte überall, wo er nackt und von Pflanzenwuchs entblößt war, eine Temperatur, welche bis auf 48° und 50° C. stieg. Kein Lüftchen ließ sich spüren in der Höhe, in der wir uns auf unseren Maulthieren befanden; dennoch erhoben sich, mitten in dieser scheinbaren Ruhe, unaufhörliche Staubwirbel, von schwachen Luftzügen getrieben, welche nur die Oberfläche des Bodens bestreichen und Temperaturunterschiede erzeugen, die dem nackten Sande und den Grasstellen mitgetheilt werden. Diese Sandwinde vermehren die erstickende Hitze der Luft. Jedes Quarzkörnchen, heißer als die es umgebende Luft, strahlt nach allen Seiten, und es hält schwer, die Temperatur der Atmosphäre zu messen, ohne daß die Sandkörner gegen die Thermometerkugel schlagen. Alles um uns her, die Ebenen schienen zum Himmel zu steigen, und diese weite, stille Einöde zeigte sich unsern Augen wie ein Meer, das mit Seetang oder pelagischen Algen bedeckt ist. Je nach der ungleichen Masse der in der Atmosphäre schwebenden Dünste, und nach der veränderlichen Abnahme der Temperatur der über einander gelagerten Luftschichten war der Horizont an einigen Stellen klar und scharf abgeschnitten; an andern wellend, gekrümmt und wie gestreift. Die Erde vermischte sich dort mit dem Himmel. Mitten durch die trockenen Nebelbänke sah man in der Ferne Palmenstämme; ihres Laubes und ihrer grünen Wipfel beraubt, glichen sie Schiffsmasten, die man am Horizont erspäht. — Es liegt etwas Erhabenes, aber Trauriges in dem einförmigen Schauspiel dieser Steppen. Alles in ihnen scheint unbeweglich; kaum daß zuweilen der Schatten einer kleinen Wolke, die durch den Scheitelpunkt geht und die Nähe der Regenzeit verkündet, auf die Savanne fällt. Ich weiß nicht, ob das Gefühl der Ueberraschung beim ersten Anblick der Llanos nicht eben so groß ist, als beim ersten Anblick der Andeskette. Die Gebirgsländer, wie hoch auch ihre höchsten Spitzen sein mögen, haben eine analoge Physiognomie; aber nur mit Mühe gewöhnt sich das Auge an die Llanos von Venezuela und Casanare, an die Pampas von Buenos Ayres und des Chaco, die unaufhörlich, und während Reisen von zwanzig bis dreißig Tagen an die glatten Wasserspiegel der Tropenmeere erinnern. Ich hatte die Llanos oder Ebenen der Mancha, in Spanien, gesehen und die Haiden, die sich von der äußersten Spitze Jütlands durch Lüneburg und Westphalen bis an die Mündung der Schelde erstrecken. Diese Haiden sind

wahre Steppen, denen der Mensch seit Jahrhunderten nur kleine Flecken für den Pflug hat abgewinnen können; aber diese Ebenen des westlichen und nördlichen Europa's geben nur ein schwaches Bild von Südamerika's unermeßlichen Llanos. Im Südosten unsers Erdtheils, in Ungarn, zwischen der Donau und der Theiß, in Rußland, zwischen dem Borysthenes, dem Don und der Wolga, trifft man jene ungeheuren Triften, welche durch ein langes Verweilen der Gewässer geebnet worden zu sein scheinen, und die den Horizont auf allen Seiten begrenzen. In den Ebenen Ungarns, da, wo ich sie durchschnitten habe, auf der Grenze Deutschlands, zwischen Preßburg und Oedenburg, wird die Einbildungskraft der Reisenden durch den Zauber der Luftspiegelung beständig rege erhalten; doch findet sich ihre größte Ausdehnung weiter gegen Osten, zwischen Czegled, Dobreczin und Tittel. Es ist ein Meer grüner Triften mit zwei Ausgängen, der eine bei Grom und Waitzen, der andere zwischen Belgrad und Widdin. So gering ist die Abweichung des Bodens von der wagrechten Ebene, daß die Anschwellung zwischen der Donau und der Theiß sich nur 13t über den mittleren Wasserstand des zuerst genannten Stromes erhebt, während Wahlenberg dargethan hat, daß diese Steppen, welche einen Raum von 1800 geogr. Quadratmeilen einnehmen (so groß wie die Königreiche Württemberg und Baiern zusammen) nicht mehr als 30t bis 40t über dem Niveau des Meeres stehen, von dem sie an 50 geogr. Meilen entfernt sind. Nichts unterbricht auf diesen Hütungen den Blick, das Auge findet nur am Horizonte einen Ruhepunkt, und meilenweit kann man in ihnen reisen, ohne ein Dorf, ein einzelnes Haus zu treffen; Alles weckt hier ein Vorgefühl von Asiens Steppen, auch das Klima mit seinen heißen Sommern, schneidend kalten Wintern, und trockenen Ostwinden, — auch der Mensch!"

Hochland ist der allgemeine Begriff für die größeren senkrechten Erhebungen; **Gebirgsländer** und **Plateauländer** (Tafelländer, Hochebenen) sind besondere Arten von Hochländern. Die letzteren, von denen viele trocken gelegte Seeboden sind und meistens im Inneren der Kontinente liegen, steigen keineswegs zu so großen absoluten Höhen auf, wie die Partikularerhebung der Gebirgsketten und der isolirten Gipfel; denn wenn diese 15, 20 — 25000 Fuß erreichen, so gibt das Maximum der Erhebungen von Tafelländern kaum die Hälfte, und auch zu dieser Höhe steigen sie nur an wenigen Punkten auf. Man theilt die Hochebenen in zwei Klassen; die der ersteren Klasse sind Erdräume von mehr als 4000 Fuß absoluter Höhe, die der zweiten bleiben unter 4000 Fuß zurück. Bei Gebirgsländern unterscheidet man niedrige Gebirge: Erhebungen 2 — 4000 Fuß; Mittelgebirge bis 6000 Fuß; Alpengebirge bis 10000 Fuß, und Riesengebirge der Erde über 10000 Fuß absoluter Meereshöhe. — **Plateauländer**, lehrt Ritter, sind **Gesammterhebungen geschlossener Erdräume**; die Gebirgsländer

dagegen haben zwar Gruppirungen von Gebirgszügen und Gebirgsketten u. s. w., die dicht zusammengrenzen, aber nicht geschlossen, wie bei den Tafelländern, sondern durch Tiefthäler und Thalspalten nach allen Richtungen hin durchschnitten und von einander geschieden sind, wie z. B. alle Alpenlandschaften der Erde. Ihr Fuß hat zwar auch eine größere Gesammterhebung über die umliegenden Tiefländer oder das Meer, aber die verhältnißmäßig geringe Höhe der gemeinsamen Grundlage verschwindet gegen die bedeutende Gipfelerhebung. Das unterscheidende Kennzeichen der Plateaulandschaften ist aber eben die bedeutende Gesammterhebung großer Erdräume, ihr Zusammenhang, ihre Geschlossenheit in dieser Erhebung, mit einem Worte, ihre Continuität. Im Gegensatz damit ist das Kennzeichen aller Gebirgsländer die bedeutende Einzelerhebung abgesonderter Gipfelmassen und Kettenzüge. Wir finden daher in Gebirgslandschaften den Gegensatz von Tief und Hoch in den kleinsten Räumen vereinigt; dies bedingt eine innere und äußere, überhaupt eine auf das Vielfachste gesteigerte Naturfülle, die sich in allen Erscheinungen der gegen den Himmel aufgeschlossenen Oberfläche zeigt. Diese Naturfülle fehlt aber eben jenen Plateauländern, weil ihre verschiedenen Höhen nicht durch Thalspalten, sondern höchstens nur durch flache Einsenkungen unterschieden sind, und dies ist auch der Grund, warum sie mehr Einförmigkeiten als Abwechselung darbieten, und in ihren Thätigkeiten gleichartiger sind sowol für Hervorbringung von Naturerzeugnissen, als für Völkerentwickelungen. Sie bilden demnach in jeder Beziehung den Gegensatz der Gebirgsländer. — Ausgedehnte Gesammterhebungen bilden in senkrechter Hinsicht, vermöge ihres Geschlossenseins, ihrer Continuität, den sich vom Lande ablösenden vertikalen Stamm der Erdtheile, gerade wie die Kernform eines Erdtheils, d. i. die Landmasse, deren Zusammenhang nicht durch eingreifende Binnenmeere oder Meerbusen unterbrochen wird, den kontinentalen Stamm in horizontaler Hinsicht ausmacht. Einzelerhebungen aber bilden die vertikalen Glieder der Stämme erster Art; sie sind ihnen bald aufgesetzt als Plateaugebirge, welche die oft dürren Flächen der Hochebenen durch fruchtreiche Seitenthäler unterbrechen und Abwechslung in das ermüdende Einerlei bringen, oder sie umgeben ihre Abfälle und sind dann unterstützende oder Randgebirge, welche die Scheitelfläche der Tafelländer überragen, oder endlich sie steigen für sich, ohne Verbindungen mit Gesammterhebungen, aus den Tiefländern der Erde empor, und bilden dann gleichsam Inselgebirge, die in den mannigfaltigsten Stellungen, als vereinzelte Gebirgssysteme, als strahlig auslaufende Gebirgszweige u. s. w. erscheinen. Freistehende Gebirge sinken mit ihren doppelten Gehängen in doppelseitige Niederungen ab, die gleich oder doch verwandt sind, wie z. B. der Ural gegen die europäischen Ebenen im Westen und die asiatischen im Osten, oder die Alpen gegen die norditalische Ebene im Süden und die

schweizerisch-deutsche im Norden. Sie haben daher eine doppelte Senkung und Bewässerung nach doppelten Meeren; dies bringt doppelte klimatische und Produktionsverhältnisse hervor und hat doppelte Strombahnen nach entgegengesetzten Meeren zur Folge, also auch doppelartige Steigerung aller günstigen Gebirgseinflüsse auf alle Völkerverhältnisse. Diese Vorzüge kommen den Randgebirgen nicht in dem Maße, oder gar nicht zu, weil sie von einer Niederung zum Plateau aufführen, ohne auf dieser Seite wieder zu gleicher Tiefe abzusinken, so der Himalaya, das Randgebirge im Norden von Peking u. s. w. Uebrigens zeichnen sich die Randgebirge nicht allemal durch ihre Höhe aus; es gibt solche, die, ohne sehr hoch zu sein, eine bedeutende Breite und außerordentliche Länge haben, wie z. B. das südliche Randgebirge des Plateau von Iran. Oft bestehen sie auch, wie zumal in Asien, aus mehreren, ja vielen Ketten, also aus einem ganzen System von Ketten, und das eine Mal sind die innersten Ketten höher als die äußeren, während daß das andere Mal das Verhältniß gerade umgekehrt ist, so beim Himalaya, wo die inneren Ketten gegen Tübet theilweise der äußeren an absoluter Höhe zu weichen scheinen. In diesem Falle erhalten Randgebirge die Natur von Alpensystemen mit einem Netze in einander greifender Längen- und Querthäler, im ersteren Falle dagegen, wenn die inneren Ketten die äußeren an Höhe übertreffen, bilden die Randgebirge im Großen das, was im Kleinen Absätze oder Terrassen genannt wird, wie in Afrika, der Nordrand Persiens zum caspischen See und der Terrassenabfall von Gedrosien, Karamanien und dem alten Persis gegen Süden. Steiler Absturz gegen die Außenseiten der Plateauländer scheint eine andere vorherrschende Form der Randgebirge zu sein, in Folge dessen sie nur wenige, zudem beschwerliche und hohe Gebirgspässe besitzen, — Verhältnisse, die dem Völkerverkehr nicht günstig sind. — Was ferner die Länge, Breite und Höhe der Hochländer betrifft, so stehen sie in gewissen Verhältnissen zu den Dimensionen der Kontinente. Amerika, das längste Festland, hat die am weitesten erstreckten Gebirgsketten; Asien, an Flächenraum der größte Kontinent, bildet gegen seinen Mittelpunkt die größte Massenerhebung und die höchsten Gebirge der Erde. Man verlegt die Wiege des Menschengeschlechts nach Asien, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß das asiatische Gebirgsplateau einer der ersten über dem Wasser hervorgetretenen Punkte gewesen, wo Pflanzen und Landthiere fortkamen. — Zur Beurtheilung der Höhe eines Gebirges hat man endlich nicht blos die größten Gipfelerhebungen in's Auge zu fassen, sondern noch mehr die mittlere Kammhöhe, indem diese den eigentlichen Maßstab zur Beurtheilung der absoluten Höhe eines Gebirges abgibt. So verhält sich die mittlere Kammhöhe der Alpen in der Schweiz, der Cordillere von Quito und des Himalaya von Gherwal wie 10, 15 und 20. Dabei ist merkwürdig, daß in den meisten Hauptgebirgsketten die Höhe der Kulminationspunkte ganz oder

doch sehr nahe das Doppelte der Kammhöhe beträgt, und daß die Kulminationshöhe des einen Gebirgs gleich der Kammhöhe des andern ist.

Tief- und Hochländer sind aber nicht die einzigen Bodenformen der Kontinente, weil nur an wenigen Punkten der Erde die letzteren plötzlich zu jenen oder zum Meere abstürzen. Bei weitem am häufigsten kommen zwischen dem Hoch- und Tiefland Vermittlungen vor, Bergländer, in denen der Abfall zum Tiefland durch Stufen gebildet wird, deren Erhebung gegen dieses hin nach und nach abnimmt, und die nicht selten durch steile, von dazwischen tretenden Ketten gebildete Absätze oder Terrassen getrennt sind, in welchem Falle dann die Stufen den Charakter von Gebirgsthälern, auch selbst von Hochebenen annehmen. Diese Uebergangsglieder heißen Stufenländer (Terrassenländer) und zeigen in der Regel eine größere Mannigfaltigkeit als die beiden extremen Formen. Ihre Höhe ist natürlich sehr mannigfaltig und wechselnd und kann nur selten auf eine gewisse Mittelzahl gebracht werden, auch lassen sie sich nach dem Laufe der Ströme in dreierlei Hauptstufen abtheilen, in denen sie stets ganz verschiedene Naturverhältnisse zeigen. So sind Aethiopien, Nubien und Aegypten die drei Stufenlandschaften des Nils, die Schweiz, Deutschland von Basel bis Köln und die Niederlande die drei Stufenländer des Rheins.

Tief-, Hoch- und Stufenländer sind, dem Obigen zufolge, die drei charakteristischen Hauptbodenformen, nach denen sich das Relief der Erdoberfläche gestaltet. Scharfe Grenzen lassen sich übrigens für sie eben so wenig ziehen, als es möglich ist, in allen Fällen bestimmt anzugeben, welcher Form eine Erdgegend angehöre. Meistens treten sie mehr oder weniger gemischt auf, und die Stufenländer nehmen sowol an der Natur der Hochländer, als der der Tiefländer Theil, weshalb sie auch der Entwickelung der meisten Organismen am günstigsten sind. Die Bemerkung Mädlers, daß keine dieser drei Formen nothwendig ein Gebirge im eigentlichen Sinne voraussetze, so wenig als ein solches von irgend einer derselben nothwendig ausgeschlossen sei, ist doch wol nur mit Ausnahme der Form des freistehenden Gebirgslandes richtig.

§. 103. Es bleibt nun, nach diesen Begriffsbestimmungen, noch übrig, das Relief der Erdoberfläche, wie die Natur es in der alten und neuen Welt gestaltet hat, in den allgemeinsten Umrissen zu zeichnen.

Die Form der Bodengestaltung Amerika's im Allgemeinen ist ein hohes, meist der westlichen Küste ganz nahes Gebirgsland, dem gegen Osten Tiefländer vorliegen, welche nächst dem sibirischen zu den größten der Erde gehören. Das Gebirgsland wird durch die Andeskette gebildet, das längste und beharrlichste aller Erdgebirge, indem es durch mehr als 100 Breitengrade von der magellanischen Meerenge im Süden des Erdtheils bis zum Kap Prinz-Wallis in Nordamerika fortzieht, eine Längenausdehnung, welche der

Entfernung vom Kap Finisterre in Spanien bis zum Nordostkap Tschuktschoi-Noss in Asien gleich kommt. Zu dieser außerordentlichen Länge des Gebirgssystems steht die Breite in keinem Verhältniß und ist nur in Nordamerika von Bedeutung. An absoluter Gipfelerhebung werden die Anden nur vom Himalaya übertroffen; auf ihrer ganzen Erstreckung unmittelbar aus einem sehr tiefen Niveau aufsteigend, erreichen mehrere Spitzen in Südamerika 20000 bis 23690, in Nordamerika 12000 bis 16626 Fuß. Im Süden bald in mehr und minder parallel laufende Zweige zerästelt, bald durch sehr ausgedehnte Bergknoten gegliedert, theilt sich das Gebirge im Norden in mehrere Arme. Als das größte Meridiangebirge traten die Anden aus der kolossalsten Erdspalte hervor und tragen die mächtigste Batterie von Vulkanen. Keine große Gebirgskette hat so schroffe Seiten und keine ruht auf so niedrigen Ebenen, wie die Anden; daher die geringe Zahl brauchbarer Durchgänge, ihre beträchtliche Höhe, ihre Schwierigkeiten und Gefahren, daher ferner die auffallendsten Gegensätze der Vegetation und die Vereinigung der mannigfaltigsten Erzeugnisse auf relativ kleinstem Raume. Nicht von bedeutender Ausdehnung, aber von ansehnlicher Höhe tragen die Anden mehrere Hochländer, Becken und Plateauhöhen, deren Bildung einer augenblicklichen, mit der Emporhebung der ganzen Kette innig zusammenhängenden Ursache anzugehören scheint. Sie sind die Ursitze der amerikanischen Kultur, wahre Luftinseln von 7 — 9000′ Höhe, von denen das bedeutendste den Landstrich erfüllt, der Nord- und Südamerika verbindet. Hier ist es auch, wo die Anden einen von dem südamerikanischen abweichenden Charakter haben, indem ihre Zweige als Randgebirge der Hochebene erscheinen, auf welcher häufig mächtige vulkanische Gebirgskegel aufgesetzt sind. Zu dieser riesenhaften Hochlandsmasse Amerika's kommen nun die gewaltigen Tiefebenen und Flachländer, deren Areal sich zu demjenigen des gesammten Gebirgslandes wie 2 : 1 verhält. Der ganze Norden, mit Ausnahme der westlichen Gegenden, ist ein weites, wenig unterbrochenes, mit großen Gewässern bedecktes Tiefland; in Südamerika dehnen sich im Osten der Andeskordillere die übrigen Tiefländer aus, die erst nach einer Entfernung von 225 geogr. Meilen von der Ostküste allmälig zu 1000 Fuß aufsteigen. Aus ihnen erheben sich isolirte Gebirgsketten und Berggruppen, die, Gebirgsinseln ähnlich, nicht Aeste der Anden sind, und von denen, mit Ausnahme einer einzigen, keine in ihren Gipfeln auch nur die Höhe von 1400 Toisen erreicht. Es sind dies die Berge Brasiliens zwischen dem 15 und 28° südl. Breite, die Sierra de Parime, zwischen dem 4 und 8° nördl. Breite, die Sierra Nevada de St. Marta an der Nordküste Südamerika's. Eine ebenfalls isolirte Gebirgskette sind die mit dem östlichen Littorale Nordamerika's parallel streichenden Apalachen oder Alleghanis.

Wenn in der neuen Welt die Normalrichtung der Hochlandsmassen von

Süden nach Norden zieht, so geht dieselbe in der alten Welt vorherrschend von Westen nach Osten; Gebirgs- und Plateauländer sind hier mannigfaltig vertheilt und erscheinen zum Theil in gewaltigen Dimensionen. Im kontinentalen Europa dehnt sich im Osten das große russische Flachland aus, umgeben an seinen Grenzen von vier Meeren und vier Gebirgen; zwischen den Karpathen und der Ostsee westwärts ziehend, verbindet es sich mit der niederrheinischen Tiefebene und durch diese mit dem französischen Tieflande, das, zum Theil vom Kanal bespült, am Fuße der Pyrenäen und am biscayischen Meere endigt; im Süden aber hängt das russische Flachland mit der wallachischen Ebene oder dem Tieflande der unteren Donau zusammen. So gehört der größere Theil des kontinentalen Europa's der Form des Tieflandes an, welches in einem großen Halbkreis den gebirgigen Theil im Osten, Norden und Westen umgürtet und für die Hochlandsformen nur einen beziehungsweise kleinen Raum im südwestlichen Theile von Kontinental-Europa übrig läßt. Dieser südwestliche Theil ist das eigentliche Hocheuropa. Es ist kein Theil der Erdrinde, wie Ritter sich ausdrückt, zur Betrachtung so aufgeschlossen, als Europa, und darin ist kein Areal inhaltsreicher für die Beobachtung und Naturforschung, als gerade Hocheuropa. Die Oberfläche unsers Erdtheils geht nämlich nicht von ein Paar Hauptmassen aus, von denen die Völker ihre Bestimmung erhalten hätten; zwar ist allerdings das östliche Europa durch seine überwiegend breiten Ebenen, das mittlere und westliche durch die vorherrschende Form der Gebirgslandschaften ausgezeichnet, aber nirgends ist Ununterbrochenheit dieser Verhältnisse, und statt große Massen und unübersteigliche Scheidewände zu zeigen, wie wir sie in anderen Erdtheilen antreffen, zeichnet sich Hocheuropa vielmehr durch eine merkwürdige Zerspaltung seiner Oberfläche nach den Höhenverhältnissen, durch ein natürliches Ineinander- und Durchgreifen der Bodenformen aus. Die europäischen Länder sind daher nach allen Richtungen durchwandelbar und von Strömen und Thälern überall durchbrochen, weshalb sowol die Temperatur, wie die Völker in alle Gegenden hinein können und schon frühe eine Mittheilung durch den ganzen Erdtheil möglich war. Die bedeutendste Massenerhebung im südwestlichen Europa ist das Hochgebirgsland der Alpen, das bei Nizza aus dem Meere aufsteigend sich bis zu den ungar'schen Ebenen erstreckt, um den Gotthard und in Graubündten die größte Erhebung seiner Grundlage und im Montblanc (14800′) und Monte Rosa (14400′) seine größte Gipfelerhebung hat. Von Osten nach Westen an Breite zunehmend, in mehrere neben einander herlaufende Felsketten fast bis auf die Sohle zerspalten, läuft die ganze Masse der Alpen im letzten östlichen Drittel ihrer Erstreckung in zwei Hauptzweige gabelförmig aus einander, wovon die nördliche bis zur Abflachung durch den Wienerwald nach der Donau hinstreicht, der südliche aber schroff und markirt bei Neumärktl endigt, von wo die Gegend zwischen der Sau und

dem adriatischen Meere plateauartig ausläuft. Zwischen dem breiten Ostende des Alpengebirgs und den Karpathen liegt das weite Thal der Donau und der Theiß, etwa 200' über dem Meere; und der Westflügel desselben ist durch den tiefen Spalt des Rhonethals von den Sevennen getrennt, im Norden und Süden ist es schroff auf die es begleitenden Ebenen aufgesetzt, wobei jedoch die südliche Tiefebene des Pothales, ein großes alluviales Becken, auch in ihrer höchsten Anschwellung noch 3 — 500' niedriger liegt, als die Ebenen der Schweiz und Baierns. So steht der ganze gewaltige Naturbau in einer Länge von mehr als 150 geogr. Meilen isolirt da, mächtig überragend alle andern Hochlandsbildungen Europa's, überall in seinen Thälern volle Kommunikation darbietend und den Kern des mittleren Europa's bildend, dem er seinen Charakter gibt. Die Neigungen der großen Stromthäler gehen von ihm als der ersten Ursache aus und die Stufenländer verbreiten sich von da im Westen, Norden und Osten bis zum Meere. Jenseits des Stromthales der Donau gegen Nordosten und Osten erhebt sich das gleichfalls vereinzelte, aus 17 verschiedenen Gebirgsgruppen bestehende System der Karpathen mit dem siebenbürgischen Hochlande, und scheidet die ungarischen von den sarmatischen und wallachischen Ebenen. Von den Karpathen zieht sich, die im Norden den Alpen vorgelagerten niedrigen Plateauflächen des südl. Deutschlands gegen die Tiefebenen der Ost- und Nordsee begrenzend, ein breiter, aus den mannigfachsten Gebirgsgruppen geringer und mittlerer Höhe bestehender Gebirgsgürtel quer durch Deutschland nach Frankreich, wo er sich durch niedrige Züge an ein Mittelgebirgsland anschließt, das sich um die Quellen der Loire, des Allier und der Dordogne erhebt und, ohne vorherrschende Längenrichtung, weder die von den Ebenen umsäumten Gestade des mittelländischen Meeres, noch die Pyrenäen, noch die Alpen erreicht; nur zu den Vogesen zieht ein Damm ohne allen Gebirgscharakter hinüber. Dieses französische Mittelgebirgsland im Westen der Alpen, dem Mittelgebirge der Karpathen mit ihrem Hochlande im Osten der Alpen entsprechend, besteht aus den Sevennen und der Hochebene von Auvergne. Stiege das Meer nur um etwa 100 Klafter, so würde es mehr als das halbe Areal von Frankreich bedecken, und den Rest in fünf unzusammenhängende Gruppen aus einander reißen. Inselartig, oder nur durch einen schmalen Isthmus mit dem Kontinent verbunden, würden die Sevennen hervorragen, die kleinen, hochhügeligen Halbinseln der Bretagne und Normandie würden vollkommene Eilande bilden, und die französischen Gehänge der Grenzgebirge, der Pyrenäen, Alpen und des west-rheinischen Gebirgsgürtels, jenes neugebildete Meer mit Felsengestaden umsäumen. Im Südwesten Hocheuropa's, vom französischen Mittelgebirgsland durch eine wellenförmige Ebene geschieden, erheben sich die Pyrenäen, die Vormauer Spaniens gegen Frankreich, in einer Länge von 55 Meilen von Westen nach Osten und einer Gipfelerhebung

von 10 bis 11000 Fuß. Im Südosten Hocheuropa's ziehen die dalmatischen Alpen und der Hämus hin und scheiden die griechische Halbinsel vom Festlande. So stellt sich in den allgemeinsten Umrissen das Relief von Kontinental-Europa dar: im Süden drei Hauptgebirge, von denen die Alpen das höchste und massenhafteste sind; im Osten und Westen der Alpen zwei Mittelgebirge mit Hochflächen, beide mit einander verbunden durch einen breiten Gebirgsgürtel, der von den Karpathen durch Deutschland bis zu den Sevennen bogenförmig hinzieht. Nur etwa 20000 Q. M. kommen auf das kontinentale Gebirgsland, das die Form eines rechtwinkligen Dreiecks hat. Auch die Halbinseln zeigen eine bestimmt ausgeprägte senkrechte Gliederung, nur sind die südlichen gebirgiger als die nördlichen. Die skandinavische Halbinsel bildet einen ungeheuren zu Tage herausgetretenen Felsen, der noch immerwährend in Hebung aus der Tiefe begriffen ist. Wir haben hier keine eigentliche Gebirgskette, sondern eine vielfach zerklüftete Massenerhebung, auf deren wellenförmige, oft 8 — 10 Meilen breite Scheitelfläche einzelne Gebirgszüge und Bergkuppen aufgesetzt sind. Sie liegt im Nordwesten der Halbinsel und erreicht eine Höhe von 6 — 7000 Fuß. Wenn von andern Ländern gesagt werden kann, daß sie von Gebirgsketten durchschnitten werden, so muß es von Skandinavien heißen, das Land werde von Thälern durchschnitten. Furchtbar steil, wild, zerrissen, zerklüftet fällt das Massengebirg gegen Westen ab, wo die tiefen, engen, düstern Fiorden die Stelle der Thäler ersetzen, so daß der Verkehr der Nachbaren in der Regel zu Wasser geschieht; gegen den bothnischen Meerbusen ist sein Abfall sanft und breit von Stufe zu Stufe. Die brittischen Inseln bestehen der Hauptform nach aus niedrigem Hügellande; die durch tief einschneidende Meerbusen oder durch Ebenen getrennten Gebirgsgruppen liegen in Großbritannien auf der West- und Nordseite, in Irland an den Küsten, besonders im Westen und Südwesten. Die höchsten Berge erreichen etwa 4000 Fuß. Der Kern der iberischen Halbinsel ist ein aus drei Hauptstufen bestehendes Plateau von etwa 2000′ mittlerer Höhe. Alle drei Stufen haben eine gemeinsame allmälige Senkung gegen Westen und sind von einander und vom Meere geschieden durch Gebirge, in denen die Plateaubildung im Einzelnen ebenfalls vorherrscht. Die beiden Hochgebirge der Halbinsel sind die Pyrenäen im Norden auf dem Isthmus, der die Halbinsel mit dem Kontinente verbindet, und die Sierra Nevada im Süden zwischen der Küste und dem Xenil; das letztere, dem afrikanischen Atlas gegenüber, ist das höhere. Durch die italische Halbinsel zieht sich von Nordwesten nach Südosten der von den Alpen durch das Pothal getrennte Apennin, welcher der Halbinsel ihre Gestaltung gibt und sie in einen Ost- und Westrand scheidet; nur schmale Küstenebenen von geringer Ausdehnung gehören der Form des Tieflandes. Der Apennin besteht theilweise aus mehreren Reihen von Gebirgsketten, deren Durchbrechungen

mehr Schluchten als Thäler sind; seine mittlere Kammhöhe wechselt von 2500′ bis 6000′, die höchste Gipfelerhebung beträgt über 8000′, und der Flächenraum, den er bedeckt, ist 2800 Q. M., so daß für die Form des Tieflandes wenig mehr als 100 Q. M. übrig bleiben. Zwischen dem Arno und der Tiber breitet sich eine von Bergrändern umgebene Plateaulandschaft (die toskanischen Maremmen) aus, welche südöstlich in ein von Parallelketten durchzogenes Bergland übergeht; im Norden des unteren Arno erhebt sich die über 6000′ hohe Gruppe der apuanischen Alpen, welche mit dem Vesuv bei Neapel und dem Gargano-Gebirge an der Ostküste die Einförmigkeit der Bodengestaltung Italiens unterbrochen. Auch die griechische Halbinsel ist ganz mit Gebirgen erfüllt, die einen Flächenraum von 6300 Q. M. einnehmen. Ihre Gebirgsreviere sind sehr verwickelt. Der Hauptgebirgsstock steigt an der Nordgrenze des alten Macedoniens zwischen den Quellen des Vardar und der Ost-Morava unter dem Namen des Tschar-Dagh (Skardus) vielleicht bis 8000′ Höhe auf. Von diesem westlich zieht auf der Wasserscheide zwischen den Zuflüssen der Donau und des adriatischen Meeres ein vielfach unterbrochener Gebirgszug zu dem istrischen Kalksteinplateau, östlich ein Gebirgszug zum Kap Emineh am schwarzen Meere, der 2000 — 3500′ hohe Balkan, südlich auf der Wasserscheide des ägäischen und adriatischen Meeres ein mehrfach unterbrochener Gebirgszug nach dem Busen von Lepanto. Der letztere heißt Bora-Dagh und Pindus und bietet die bedeutendsten Höhen der Halbinsel. Der äußerste Süden der Halbinsel am Busen von Lepanto, Hellas, hat eine regellose, mannigfaltige, gebirgige Oberfläche. Mit diesem Süden hängt durch einen ganz flachen Isthmus die Halbinsel Morea zusammen, die einen Fels bildet, dessen aufgethürmte Massen als Randgebirge des von Bergzügen mannigfach durchschnittenen Plateau von Arkadien erscheinen.

In keinem Erdtheile tritt der vertikale Stamm so markirt und die Bodengestaltung so überwiegend bestimmend auf, als in Asien. Eine Reihe zusammenhängender Plateaus von bedeutender Größe und zum Theil ansehnlicher Höhe ist der Naturtypus Asiens, also mächtige Gesammterhebungen der Erdrinde, wie deren Europa nur auf kleine Räume beschränkte Repräsentanten in weit niederern Erhebungen aufzuweisen hat. Mitten durch ganz Asien, in einer Längenerstreckung von mehr als 1200 geogr. Meilen und einer abwechselnden mittleren Breite von 200 bis 400 Meilen, erstreckt sich dieses Hochland von den Gestaden des schwarzen Meeres bis Korea, und obwol es bei Weitem nicht die gewaltigen Räume von Innerasien ausfüllt, bildet es doch vergleichungsweise die größte Kontinuität der Erhöhung des Bodens in Plateauform, die man in den verschiedenen Kontinenten gefunden. Wird nämlich die Größe von ganz Asien zu 810000 geogr. Q. M. angenommen, so kommen davon auf dieses kolossale Hochland 340000 Q. M.

mehr als das Doppelte von ganz Europa. Es besteht aus zweierlei verschiedenen Hochländern, die man, im Ganzen genommen, als zwei verschiedene Terrassen von einer höheren, größeren und rauheren, wie von einer niederern, kleinern und mildern Art betrachten kann, welche beide ununterbrochen durch gemeinschaftliche Fortsetzung zusammenhangen. Sie bilden somit nur eine Gesammterhebung der Erdrinde, aber sie verengen sich gerade bei ihrer gegenseitigen Berührung zwischen dem Indus und Amu, und durch diese eigenthümliche Zusammenschnürung ihrer hoch emporgerichteten Massen zu einem mächtigen Gebirgsknoten sind beide wieder charakteristisch von einander gesondert. Die eine dieser beiden Terrassen, das östliche Hochasien, besteht aus den Plateausystemen von Tübet und der Mongolei, Schamo und Gobi, deren mittlere Meereshöhe vielleicht 6000′ beträgt, aber in manchen Theilen, namentlich im Süden, sich bis zu 10000′ und 12000′ hebt, in anderen unter 6000′ sinkt; die andere, das westliche Hochasien, mit den Plateausystemen von Iran, auf ungefähr 4000′ mittlerer Höhe zurückbleibend, ist das mildere Hochland Vorderasiens. Es ist übrigens zu bemerken, daß die absolute Höhe namentlich des hinterasiatischen Hochlandes heutiges Tages noch eben so ungewiß ist, als es früher die horizontale Ausdehnung war; immerhin aber muß man aus den klimatischen Betrachtungen über die Arten der Kulturen oder die weit gedeihenden Produkte des Pflanzenreichs, und aus einer kleinen Zahl von genauen Messungen mittelst des Barometers und der minder sicheren Bestimmung des Kochpunktes des Wassers schließen, daß die Höhe dieses zentralen Hochlandes über dem Meeresniveau sehr ungleich sei. Die Achse dieser großen Erhebung, welche dem großen Becken des stillen Ozeans so plötzlich seine Grenze steckt, ist von Südwesten gegen Nordosten gerichtet, und ihre Existenz ist von den dasselbe durchziehenden oder umgürtenden Gebirgsketten unabhängig und älter als diese selbst. Im östlichen Hochasien zeichnen sich sowol durch ihre Höhe, als auch durch ihre Länge vier Gebirgssysteme aus, welche fast übereinstimmend von Westen nach Osten ziehen. Am nördlichen Rande des Hochlandes erhebt sich, 228 g. M. lang, der Altai, und südlich von ihm, als Plateaugebirg, der vulkanische Thian-schan 488 g. M. lang, dessen Kulminationspunkt wahrscheinlich der dreigipflige, mit ewigem Schnee bedeckte, durch herrliche Kräuter weit berufene Bogdo-Dola ist, und dessen Südseite, der Mustagh, das westliche Randgebirge des östlichen Hochasiens bildet. Um diese beiden Gebirge ist der Wohnsitz weit verbreiteter Nomadenvölker, von deren Vorvätern ein großer Theil der Bevölkerung Europa's und Asiens ausgegangen ist, und deren Eroberungszüge und Reiche auch auf die Schicksalswendungen der zivilisirten Völker und Staatenverhältnisse des europäischen Abendlandes Einfluß gehabt haben. Mehr südwärts ist dem Hochlande da, wo es seine größte Anschwellung hat, der Küen-Lün aufgesetzt, wozu der Hindu-Kho nebst dem

persischen Elbruz, als des westlichen Hochasiens nördliches Randgebirge, gehört. Der Küen-lün ist 350 Meilen lang und nach der chinesischen Mythe das Paradiesland Hochasiens, auf dessen Gipfel der Lehrer der Völker, Lao-Tseu, der Patriarch und Reformator der Sekte Taosse, sich den Augen der Sterblichen entzog. Getrennt vom Küen-lün durch das Plateau von Tübet, am Südrand des Hochlandes, erhebt sich das Riesengebirge der Erde, der Himalaya, mit Gipfeln von 16000′ bis 26000′ absoluter Höhe; er ist der Olymp der Hindus, mit den reinen Quellhöhen der heilig gehaltenen Ströme, die auf die Schneekette von den höchsten Sitzen der Götter herabfallen, und hat mit seiner ganzen Krümmung 460 Meilen Länge. An den Enden der großen asiatischen Anschwellung laufen verschiedene gesonderte Gebirgszweige aus, die mehr oder weniger noch zu seinem Stamme gehören. Dieser zentrale Stamm senkt sich nun zu weiten Tiefländern herab, die ringsum nach allen Weltgegenden, zu den verschiedensten Meeren sich erstrecken und in den vielfachsten geometrischen Räumen, in den wechselndsten Gestaltungen und unter den verschiedensten Zonen die gemeinsame hohe Mitte umlagern. Diese zentrale Stellung gab darum auch Veranlassung zur Entwickelung zahlreicher, weitziehender, reichverzweigter Stromsysteme, deren Stufenländer in 12 kolossalen Formen von den Höhen die Uebergangsglieder nach allen Weltgegenden zu den Tiefländern bilden konnten, weil ihnen Raum zu ihrer Entwickelung gegeben war. Auf die Tiefländer kommt ein Areal von etwa 290000 Q. M., von denen etwa 240000 den kontinentalen Depressionen angehören, nämlich dem sibirischen und bucharischen Tieflande, und nur wenig über 50000 Q. M. dem nach der äußern pelagischen Seite gekehrten Tieflande, nämlich dem chinesischen, indischen und mesopotamisch-babylonischen, denen die Functionen der Kornkammern mit den reichsten Bewässerungen der Stufenländer beigegeben wurden, und in denen sich die uralte asiatische Kultur entwickelt hat. Alle diese Tiefländer liegen im Kreise rings um jenes gemeinsame Hochland und längs den Gestaden sehr weit ausgebreitet, werden aber doch nur in ihren kleinern Räumen vom Meere unmittelbar bespült, weil auch noch abgesonderte, kleinere Hochländer größtentheils auf den Halbinseln des südlichen Asiens trabantenartig dem zentralen Hochlande vorgelagert sind, und zwar so, daß diesen kleineren Hochländern Tiefländer zwischengelegt sind gegen das gemeinsame Hochland. Diese niedrigern Hochländer bereiteten den dreierlei südlichen Halbinseln jene höhere Entwickelungsstufe ihrer Oberfläche, welche sie zu ausgezeichneten Kulturhalbinseln des Erdtheils erhob.

Einfacher und überschaulicher, als in Asien, stellt sich uns die plastische Gestaltung Afrika's dar. Hier sind nur zwei überwiegend große Hauptformen, welche dem Erdtheil seinen Grundcharakter verleihen, ein Hochland im Süden und ein Tiefland im Norden mit dem niedrigen Plateau der Sa-

hara. Jenes steigt in terrassenförmigen Absätzen, welche von Gebirgszügen begrenzt werden, im Osten, Süden und Westen aus schmalen Küstenumsäumungen vielleicht im Mittel bis zu 5—6000′ Meereshöhe empor und erstreckt sich vom Kapland nordwärts bis zum 5° und 10° nördl. Breite; im Norden fällt es ebenfalls terrassenartig zum Tieflande ab. Seine Stellung ist nicht so günstig, wie die des asiatischen, da die engen und schmalen Ufersäume, die ihm auf drei Seiten vorliegen, keinen Raum für Völkeransiedlungen, Strom- und Staatsentwickelungen gewähren. Das Innere dieses Tafellandes ist zum größten Theil unbekannt, es scheint aber von Norden nach Süden anzusteigen, und bietet ohne Zweifel durch isolirt auftretende Berggruppen Unebenheiten von mancherlei Art dar, die den analogen Erscheinungen im bekannten Theile von Afrika entsprechen dürften. Die zweite Hauptform, das Tiefland, nimmt einförmig und weit die größere Nordhälfte des Erdtheils ein und „schiebt sich wie ein breiter Fuß mit den unteren Nilstufen und dem niedrigen Plateau der Berberei gegen Asien und Europa vor." Wasserarme Wüsten und Steppenflächen charakterisiren dieses große, wärmestrahlende Tiefland. Man schätzt das südafrikanische Hochland zu 285000 Q. M. und die Flach- und Tiefländer zu 177000 Q. M. Zu diesen zwei Hauptformen gesellen sich noch sechs andere Erdformen, nämlich im Nordosten und Nordwesten des Hochlandes zwei Hochländer von geringerer Ausdehnung, Habesch und die Hochterrasse des Konggebirges, welche 4000—6000′ Höhe erreichen, und drei Stufenländer, des Senegal und Gambia, und des räthselhaften Niger, endlich im Norden, am mittelländischen Meere, das niedrige Hochland des Atlas und das kleine Plateau von Barka, das alte Kyrenaika, welches man erst seit Kurzem wieder näher kennen lernte.

So weit uns die Oberfläche Australiens bekannt ist, scheint auf diesem Kontinente die Form des Flachlandes vorzuherrschen, und zwar in einer Weise, die in andern Kontinenten ohne Beispiel ist. Die Form des Gebirges ist dagegen sehr beschränkt und nur unbedeutend. Einfach gebaute Bergländer, stets isolirt und ohne Verbindung mit einander, erheben sich aus den Ebenen, so daß, wenn der Ozean um einige hundert Fuß höher stände, ganz Australien sich in eine Gruppe von Inseln auflösen würde. „Die kontinentalsten Gebirgsformen, die Hochgebirge und Plateauländer fehlen fast ganz; Stufenländer, die Form des Gebirges, in der die wechselseitige Durchdringung der entgegenstehenden Richtungen am einflußreichsten wirkt, gibt es theils gar nicht, theils erscheinen sie so zurückgedrängt und von der einförmigen Massenerhebung wie zerdrückt, daß sie für die Fortbildung des Menschengeschlechts und für Kulturverhältnisse von fast gar keiner Bedeutung sind." (Völter.) Deshalb sind auch die australischen Flüsse unentwickelt; von kurzem Quelllaufe, der vom Mittellaufe, wo es anders einen solchen gibt, sich fast nie unterscheiden läßt, fließen sie größtentheils durch Flachlän-

der, mit Zuflüssen sparsam, häufig gar nicht versehen, ohne feste Betten, nicht selten ohne ein Thal, zu manchen Zeiten stagnirend, in Sümpfe und Seen sich auflösend, oder ganz austrocknend, zu andern wieder den verheerendsten und unregelmäßigsten Schwellen unterworfen, diese Flüsse geben das traurige Bild einer Form der Erdoberfläche, die, dazu bestimmt, Glück und Segen zu verbreiten, hier vielmehr hemmend als fördernd auftritt. Drei größere Gebirgsländer, in Neu-Süd-Wales, um die Golfe Spencer und St. Vincent und in West-Australien, treten auf, soweit man bis jetzt das Innere dieses Erdtheils erforscht hat, sie sind der ausgebildetste Theil Australiens, und während die Hochebenen 2000 bis 3000′ hoch sind, mögen die höchsten noch ungemessenen Gipfel kaum 10000′ übersteigen.

§. 104. Die Betrachtungen über die äußere und innere Gliederung, die horizontale und senkrechte Bodengestaltung des festen Landes, an sich schon von Interesse, gewinnen erst ihre volle Bedeutung, wenn wir die Einflüsse berücksichtigen, welche in beiden Beziehungen die Erdtheile auf die meteorologischen Prozesse, auf das organische Leben, vor Allem auf die Völker ausüben. Was den letzten Punkt betrifft, so wird Niemand anstehen, die Erde als ein Erziehungshaus für das Menschengeschlecht zu betrachten; denn im Schicksale der Völker waltet eben so wenig bloßer Zufall als alleinige Selbstbestimmung ob, gleich wie der Einzelne, so sind auch ganze Völker der Naturbestimmtheit mehr oder weniger unterworfen, und es ist eine vielfach bestätigte Beobachtung, daß der Naturtypus der Lokalität, die ein Volk einnimmt, genau zusammenhängt mit dem Typus und Charakter des Volks, das der Sohn solchen Bodens ist. Dieser Charakter ist eben die Art und Weise, wie ein Volk in der Weltgeschichte auftritt und Stellung und Platz in derselben einnimmt. Es gibt freilich auch ungeschichtliche Völker und wir finden sie da, wo die Gewalt der Natur zu groß ist, als daß sie dem Geist erlaubte, für sich eine Welt zu erbauen. Wenn aber die Noth des Bedürfnisses befriedigt ist, sagt schon ein alter Weiser, wendet sich der Mensch zum Allgemeinen und Höheren. In dem Extrem der Zonen dagegen, wo Kälte und Hitze zu mächtige Gewalten sind, als daß der Mensch zu einer freien, geistigen Bewegung kommen könnte, dort hört wol die Noth nie auf und kann niemals abgewendet werden: der Mensch ist beständig darauf angewiesen, seine Aufmerksamkeit auf die Natur zu richten, auf die glühenden Strahlen der Sonne, auf den eisigen Frost. Aber in der glücklichen Mitte zwischen erstarrender Kälte und erschlaffender Hitze werden die Geisteskräfte des Menschen gleichsam spielend in Thätigkeit gesetzt und die Entwickelung uranfänglicher Keime selbständiger Bildung begünstigt. Auf der Feste der alten Welt, welche fast größtentheils der Nordhälfte der Erde angehört, und in deren Schooße die Hitze in den Ebenen und an den Meeresküsten nicht zerstörend, sondern mild und fruchtbar wirkt, haben sich

daher in der Geschichte fast nur die Tiefländer als Mittelpunkte uranfänglicher Entfaltung geistiger Bildung im Leben der Völker gezeigt, während in dem tropischen Amerika nur jene von Seen bewässerten Hochebenen die ältesten Kultursitze des Erdtheils waren. Nicht nur in der geistigen Kultur, auch in der Gemüthsstimmung der Völker pflegt sich die Natur und Physiognomie der Länder auszusprechen und in geheimnißvollem sinnigem Verkehr mit dem innern Leben des Menschen zu stehen. Der Mensch ist z. B. heiter in einer harmonischen Natur wie Griechenland, fröhlich in dem lachenden Gelände Frankreichs, würdevoll in dem feierlichen Spanien, ernst in den rauhen Thälern Norwegens, taurig auf den dürren Ebenen, unter den nackten Gipfeln der Anden, fanatisch in dem glühenden und einförmigen Arabien, phantastisch in einem Wunderlande wie Indien. Aber nicht nur von den anorganischen Naturverhältnissen ist der Mensch mehr oder weniger abhängig, von den Naturgewalten, gewaltiger Felsmauern, der Wüsten oder der Tropenregen, auch die Pflanzenwelt übt ihren Einfluß aus. Einen andern Eindruck erregt das Palmenland, einen andern die Laubkronen unserer Wälder! „Wer fühlt sich nicht, sagt Humboldt, um selbst nur an nahe Gegenstände zu erinnern, anders gestimmt in dem dunkeln Schatten der Buchen, oder auf Hügeln, die mit einzeln stehenden Tannen bekränzt sind; oder auf der Grasflur, wo der Wind in dem zitternden Laube der Birken säuselt! Melancholische, ernst erhebende oder fröhliche Bilder rufen diese vaterländischen Pflanzengestalten in uns hervor.“ So geht aus dem Gesagten klar hervor, daß die Natur nicht nur über den Halbwilden ihre ganze Macht ausübt, sondern daß selbst die Entwickelung der Civilisation und der Gang der Kultur theils durch den Schmuck der Erde, die Pflanzenwelt, theils durch die Form der Erdtheile und durch gewisse plastische Verhältnisse bedingt ist, überhaupt durch die innere und äußere Gestaltung und Gliederung der Kontinente. Es wird sich im Folgenden Gelegenheit darbieten, dies noch im Speziellen darzuthun.

Die Gesammtoberfläche unsers Planeten weist zwei große Gegensätze auf, die des Festen und Flüssigen; jenes ist das anscheinend todte, aber in sich unendlich vielförmig gestaltete und wechselnde, in seinen Formen ausgebildete und desnahen zur Aufnahme höherer Bildung befähigte; das zweite ist das anscheinend belebte, aber trotz seiner Beweglichkeit absolut einförmige, jedoch das die Unterschiede der Erde, die Trennungen der Völker aufhebende Element. Zum Glück bestehen diese Gegensätze nicht gesondert auf der Erde, vielmehr ist ihre Oberfläche das Produkt aus der gegenseitigen Durchdringung beider, so daß weder die starre Landesnatur, noch die bewegliche des Flüssigen absolut und selbständig von einander existiren. Nicht unpassend hat man die Erdtheile als für sich bestehende Ganze, als Erdindividuen betrachtet, deren Eigenthümlichkeiten in Hinsicht der Begrenzung und

Ausdehnung sowol nach wagrechter, als senkrechter Gliederung wahrnehmbar sind; aber ausgebildet werden wir ein solches Erdindividuum erst dann nennen, wenn in ihm jene gegenseitige Durchdringung beider Elemente auf das Vollkommenste stattfindet, so daß beide in möglichst vielen Punkten mit einander verflochten erscheinen; unausgebildet dagegen werden wir es nennen müssen und ungeeignet für den Entwickelungsgang der Menschheit, wenn das eine Element überwiegend und herrschend vor dem andern hervortritt. Da nun die Atmosphäre als eine Form des Flüssigen anzusehen ist, so zeigt sich jene Durchdringung der beiden Hauptgegensätze auf zweierlei Weise; erstlich äußerlich, in einer räumlichen Verflechtung von Land und Wasser, von Land- und Meeresgliedern, zweitens innerlich und nicht auf diese Weise bemerkbar, in der Durchdringung der Atmosphäre mit der Feuchtigkeit des tropfbarflüssigen Elementes. Diese zweite Art der Durchdringung ist die häufigste, am weitesten verbreitet, diejenige, welche auf die Menschheit und die organische Natur den größten Einfluß ausübt. Nicht nur die klimatischen Verhältnisse hängen von ihr ab, auch die Flußsysteme sind das Produkt der Durchdringung von Ozean und Kontinent, und am Ende sind die Länder ja selbst nichts anderes als Gebiete von Strömen. Ueberhaupt macht sich die gegenseitige Durchdringung dieser beiden Elemente sowol für die äußere Gliederung der Kontinente hinsichtlich ihrer Küstenumrisse, als für deren innere durch senkrechte Erhebung des Bodens in hohem Grade geltend, und es ist Aufgabe der physikalischen Geographie, diese Wechselwirkung in ihren wichtigsten Folgen zu betrachten.

Fassen wir die wagrechte Gliederung zuerst in's Auge, so bemerken wir, daß sich die Individualität der Festländer in ihrer Abrundung und Geschlossenheit ausspricht im Gegensatz zu ihrer Spaltung und Einbeugung. Ein Erdtheil ist individuell entwickelter, also um so günstiger gebildet, je reicher er an Halbinseln und tiefen Meereseinschnitten ist, je vielfacher sich bei ihm das Ineinandergreifen von Land- und Meeresgliedern ausspricht; umgekehrt ist seine Gestaltung um so ungünstiger, je einfacher seine Küsten sich entwickelt haben. Im letztern Falle herrscht entweder, wie z. B. bei Afrika, das kontinentale Element vor, mit möglichster Abweisung des ozeanischen sowol in Beziehung auf räumliche Verbindung von Land und Meer, als hinsichtlich der Durchdringung der Luft mit atmosphärischer Feuchtigkeit und der davon abhängigen Flußsysteme; oder es liegen kontrastirend, wie in Amerika, große Gebiete mit vorherrschend kontinentaler und ozeanischer Natur räumlich neben einander. Solche Erdtheile bilden zu den horizontal gut gegliederten, wie z. B. zu Asien und noch mehr zu Europa, einen bedeutenden Gegensatz, indem in den letzteren eine wechselseitige Durchdringung der Elemente, und zwar ganz vorzüglich in Europa, stattfindet, ohne daß das eine Element das andere mit unbeschränkter Macht beherrscht. Der

mehr oder weniger ausgebildete oder auch ganz fehlende Gliederbau der Festländer ist eine der vielen Ursachen, welche auf die größere oder geringere Kulturfähigkeit eines Erdtheils von Einfluß sind, und sie ist eine der wesentlichern, weil von ihr die Küstenentwicklung, d. i. die Größe der Linie abhängt, auf welcher Land und Meer mit einander in Verbindung treten. Die Halbinseln eines Erdtheils gleichen den Blatt- und Fruchtknospen der Gewächse, sie bereichern die starre Landesnatur, den kontinentalen Stamm, mit vielfachen Gestadeformen und begünstigen den Zutritt der beweglichen und anspülenden Meeresglieder, der Meerbusen und Binnenmeere, gegen das Innere des kontinentalen Areals; es entstehen durch dieses Eindringen der Meeresglieder mehr oder minder tiefe Einschnitte in die Küsten, und dies hat eine höchst merkwürdige Erscheinung zur Folge. Es werden nämlich dadurch, wie Ritter sich ausdrückt, fast überall aus dem Innersten der Kontinente die großen Landströme zur Verbindung mit dem Meere hervorgelockt, wodurch die Gestaltung der reichsten Thalbildungen als Verkehrslinien eines Erdtheils von Innen nach Außen und umgekehrt bedingt wird. Eine andere Folge ist, daß dadurch ozeanisches Klima und ozeanische Feuchtigkeit tief in die Kontinente hineingespült werden, wodurch für die Länder, wo dies der Fall ist, die Trockenheit und Kälte des Kontinentalklimas gemildert, Mannigfaltigkeit in den Wärme- und Feuchtigkeitsgraden der Luft und somit auch Mannigfaltigkeit der ozeanischen Produkte hervorgebracht wird. Durch diese einschneidenden Binnenmeere und Meerbusen und durch die mit ihnen in Verbindung stehenden, tief ins Innere eingreifenden Thalspalten der Stromläufe sind in Europa fast allem Binnenlande die Begünstigungen der Gestadeländer zu Theil geworden; ebenso hat von Asien und auch von seiner vom Meere unberührten Mitte noch ein nicht unbedeutender Theil manche Vortheile der Gestade zu genießen, während freilich immer noch ein großer, breiter, ächt kontinentaler Raum übrig bleibt, dem diese Vortheile, zum Theil wegen seiner senkrechten Gliederung, nicht zu gut kommen. Hängt daher vom Gliederbau eines Kontinentes das Verhältniß der Küstenlänge zu seinem Areal ab, so gibt uns dieses Verhältniß zugleich den Maßstab der Zugänglichkeit seines Inneren für Lüfte und Temperaturen, für Völker und ihren Verkehr, und man sieht leicht, daß das Eindringen von großen Meerbusen den Kontinenten weit größere Vortheile bringt als Nachtheile dadurch, daß ihnen Landräume entrissen wurden. Ist ja doch ein Erdtheil ohne große Kommunikationslinien eine todte Masse ohne Völkerbewegung und Völkerberührungen und ohne Geschichte, wie Afrika, das, soweit die Geschichte zurückgeht, für den Zusammenhang mit der übrigen Welt größtentheils verschlossen geblieben ist, „ein Kinderland, wie sich Hegel ausdrückt, das jenseits des Tages der selbstbewußten Geschichte in die schwarze Farbe der Nacht gehüllt ist.“ Noch ein Verhältniß der Meeresglieder zum Lande,

namentlich der mit dem Ozean in Verbindung stehenden Binnenmeere, verdient eine nähere Berücksichtigung. Nicht allein der Umstand, daß diese durchbrechenden Meere die Küstenentwicklung ungemein begünstigen, ist bemerkenswerth, sondern noch viel mehr dies, daß sie eine Menge Gegengestade erzeugen, welche, weil sie einander nahe liegen, die Völker von Küste zu Küste locken. Nur unter solchen Verhältnissen konnte sich die Schifffahrt entwickeln, welche dann die Völker, die ihrer kundig waren, auf diesen engen Meerstraßen in den offenen Ozean führte, dessen Unermeßlichkeit für sie weniger Zurückschreckendes mehr hatte. Von jetzt an waren die Meere nicht mehr dirimirend und Völker trennend, denn der Mensch hatte sie bewältigen gelernt und zum leichten Mittel gegenseitigen Verkehrs gemacht. Wer zuerst den Muth gehabt, sein Leben einem schwankenden Fahrzeug anzuvertrauen, weiß die Geschichte nicht, sie setzt aber die ersten Schifffahrt treibenden Völker vorzugsweise an die Küsten des mittelländischen Meeres. Das älteste waren die Phönizier, ein muthiges und kühnes Volk, das an verschiedenen Punkten dieses Binnenmeeres Kolonien gründete und im Interesse seines Handels Entdeckungsreisen betrieb. Ihm folgten die Griechen, Karthager, Römer. So war das mittelländische Meer schon frühe für die Gestadevölker dreier Welttheile ein unentbehrliches Kommunikationsmittel geworden, es war für sie das Vereinende, der Mittelpunkt ihrer Geschichte, das Herz der alten Welt. „Ohne dasselbe ließe sich die Weltgeschichte nicht vorstellen, sie wäre wie das alte Rom oder Athen ohne das Forum, wo Alles zusammenkam.“ In ähnlicher Weise waren schon frühe England und Bretagne, Norwegen und Dänemark, Schweden und Livland durch die dortigen Binnenmeere mit einander verbunden. Bis auf Columbus, Vasco de Gama und Cabral, bis auf die Entdeckung Amerikas und die Auffindung des Seewegs nach Ostindien, blieb aber, mit einiger Erweiterung nach dem Norden Europas, das mittelländische Meer die große Seehandelsstraße der Völker. Bei dieser großen Wichtigkeit, die dieses Binnenmeer schon in den ältesten geschichtlichen Zeiten für den Verkehr der Völker hatte, ist unschwer zu begreifen, wie es gekommen ist, daß die drei südlichen Halbinseln Europas, in gleichen Breiten, unter gleich mildem Himmel, in ihren Verhältnissen einander vielfach verschwistert, die frühesten Keime europäischer Civilisation und Kultur auf ihrem Boden entwickelten, deren reiche Saat dann durch das mittlere und nördliche Europa ausgestreut ward.

Die senkrechte Gliederung, mit ihrer mannigfaltigen Abwechselung von Tiefländern und Hochländern, den Segen spendenden, welche die unversieglichen Wasserschätze bergen, gibt den vielfachen Wechsel der Klimate und der vegetabilischen und animalen Produktion, verschiedene Abdachungen und verschiedenen Lauf der Thalrinnen, die horizontale Ausdehnung der Steppen und Wüsten, die Oasenzüge, Verschiedenheit der Völkerthätigkeit, und trägt,

wie die wagrechte, je nach ihrer Ausbildung ebenfalls zur größern oder geringern Kulturfähigkeit eines Erdtheils bei. Sie bietet ein reiches Feld der Betrachtung dar, aus welchem jedoch hier nur einige der wichtigsten Punkte hervorgehoben werden können. — Auf den Flachländern gestaltet sich das Leben verschieden, denn sie sind entweder die Kornkammern der Erde, oder weite Grasmeere, Steppen, oder unbewohnte, nur von Oasenzügen unterbrochene Sandwüsten. Vergleichen wir das osteuropäische Flachland mit den angrenzenden Tiefländern Asiens, so zeigt uns der Unterschied beider Folgen von erstaunlicher Ausdehnung. Die horizontalgleichen Ebenen der asiatischen Steppen, ohne Hügelland, ohne zusammenhängende Rasendecke, ohne Quellenreichthum, ohne Ackerbau und Waldungen, zwingen die dortigen Völker zum Nomadenleben. Ohne Unterlaß durchirren sie ihre Wüsten, aber von Jahrhundert zu Jahrhundert bleiben die Kinder in jeder Hinsicht ihren Vätern ähnlich. Das osteuropäische Flachland dagegen mit Hügelbildung, fruchtbarem, quellen- und humusreichem Ackerboden, Wiesen und Waldland ladet zur Ansiedlung ein. Die Nomaden besitzen Heerden, aber der Boden gehört Jedem. Der Mensch, welcher ein Stück Land im Schweiße seines Angesichts angebaut hat, will ernten, was er gesäet hat, und richtet seine Wohnung bei dem Felde auf, welches sein Eigenthum ist; er will, daß sein Recht von den Nachbarn geachtet werde, und Gesetze sind eine unmittelbare Folge des Ackerbaues. Es entsteht eine Menge inniger, anhaltender Beziehungen unter den Bewohnern einer solchen Gegend, die Gesellschaft bildet sich auf festen Grundlagen, ihre Mitglieder theilen sich in Klassen, die politischen Einrichtungen werden bestimmt, das Land wird Sitz menschlicher Kultur, die sich von Generation zu Generation entwickelt. So wohnt unter den ackerbautreibenden Völkern allein die Civilisation, sie steigen von Stufe zu Stufe, aber sie gerathen auch in Verderbniß und Verfall, während die Nomaden der Civilisation zwar fremd bleiben, aber immer jung sind. Man sieht aus diesem Beispiel leicht, wie die verschiedene Beschaffenheit der Flachländer verschiedenen Erwerb und verschiedene Lebensart zur nothwendigen Folge haben und wie dadurch der Charakter und die ganze Art und Weise der Völker bestimmt wird. Auch die Scheitelflächen des asiatischen Plateaus tragen Steppen und sind ebenfalls der Wohnsitz von Hirten- und Reitervölkern, deren Hauptbesitz in den Thieren besteht, die mit ihnen wandern; ohne eigentliche Rechtsverhältnisse, treffen wir bei ihnen nur die Extreme der Gastfreundschaft und der Räuberei, die letztere namentlich, wenn sie von Kulturländern umgeben sind. Den mongolischen Reitervölkern ist das Pferd zugleich Nahrung und Waffe. Oft haben sie sich in großen Massen zusammengehalten und sind durch irgend einen Impuls in eine äußere Bewegung gerathen; früher friedlich gestimmt, fielen sie wie ein verwüstender Strom über die Kulturländer hin, und die Spuren, die sie

hinterließen, waren Zerstörung und Einöde. Zu Aehnlichem hat die Araber die Natur ihres Bodens veranlaßt. Dieses Volk, auf seiner isolirten Halbinsel zwischen Asien und Afrika geboren, eignete sich seit ältester Zeit beiden Erdtheilen an, wie kein anderer Asiate, und dehnte seine Herrschaft nach Osten und Westen über beide aus. „Kein Fremdling, sagt Ritter, zog in die dürftig bewässerte Natur seines Bodens bei ihm ein, es selbst breitete aber die bei Weitem größere Zahl seiner Geschlechter außerhalb der Halbinsel aus, und mit ihnen seine Sprache, Religion, Sitte, Lebensart, mit seinen unzertrennlichen Gefährten, dem Pferde und Kameel, mit seiner Nahrung, dem Reis und der Dattel. Denn selbst auf einem indifferenten Boden, unter dem sonnenreichsten Himmel geboren, wußte es Herrschaften und Colonisationen auf fremden Ländergebieten zu gründen, wo Naturverwandtschaft es leicht befriedigte, weil es Heimatsverhältnisse aufsuchte, die leicht übertroffen wurden; so am atlantischen Ozean, an der Guadiana, am Niger und Nil, wie im Terrassenboden von Schiras, zu Samarkand, am Indus, bis zu den Plateauhöhen Mittelasiens.“ — Mächtige und hohe **Gebirgsketten** und **Plateauländer** sind nicht nur Wasservertheiler, sondern auch Grenzscheiden der Klimate, bei insularer Lage Anziehungspunkte für den meteorologischen Wechsel der Atmosphäre und Träger einer andern Pflanzenwelt. Nirgends gibt sich die zuletzt genannte Erscheinung so schön kund, als in den Anden; so treffen wir z. B. vom mexikanischen Meerbusen aufwärts bis zu den Spitzen der dem Plateau von Anahuac aufgesetzten Berge alle Klimazonen und Pflanzenregionen stufenweise über einander an. Die Form des Hochlandes ist ferner eine mehr oder weniger isolirende, eine die Länder und Völker trennende. Sind die Thäler eines Gebirgslandes bloße Bergspalten und Schluchten, wie im Kaukasus, so ist die Verbindung der Gebirgslandschaften unter sich und mit den benachbarten Ländern sehr erschwert und beschränkt; haben sie aber, wie in unsern Alpen, meist weite, gang- und bewohnbare Sohlen, so gewähren sie die Möglichkeit eines unausgesetzten, bequemen Verkehrs, der sich verwirklichen wird, wenn die Zugänge zu ihnen durch Kunst gebahnt sind. Größere Hindernisse legen massenhafte Plateauländer den Völkern und der Kultur in den Weg; ihr steiler Abfall, die sparsamen und gefahrvollen Uebergänge machen sie zu Scheidewänden für die umliegenden Länder, deren Bewohner auf wenige von der Natur angewiesene Wege über dieselben beschränkt sind, auf Passageländer, die, wie in Asien, seit Jahrtausenden für Eroberer und handeltreibende Völker die einzigen Kommunikationslinien sind. Da hohe Gebirgsländer die Natur der für den Anbau empfänglichen Ebenen, der Weideländer und jener kalten Landstriche, deren zahlreichste Bewohner wilde Thiere sind, auf einem beschränkten Raume vereinigen, so können die Gebirgsvölker zugleich Ackerbauer, Hirten und Jäger sein. Sie theilen sich in ihren zahlreichen Thälern

in eine Menge verschiedener Völkerschaften; aber sie sondern sich nicht von einander ab, und bisweilen wird die nämliche Sprache in einer ganzen Gebirgskette gesprochen. Von mannigfachen Gefahren in ihrem Gebirgsland umringt, einfach lebend, die stärkende Bergluft athmend, im Hochgebirge sich gern der Jagd ergebend, die dort noch eine Schule für den Muth ist, ist der Gebirgsbewohner kräftig, muthig und vom Geiste der Unabhängigkeit beseelt, und da die Natur so wenig von selbst thut, ihr wenigstens größere Bequemlichkeit des Daseins durch Kraft und Beharrlichkeit abgetrotzt werden muß, so bildet dies in dem Volkscharakter, neben der Besonnenheit und Klugheit, fast durchgehends den Eigensinn aus und eine zähe Anhänglichkeit an den heimischen Boden, an alte Sitten, Gebräuche und Staatseinrichtungen. — Am mannigfaltigsten entwickelt sich das Leben in den Stufenländern, die den Uebergang bilden vom Hochland zum Tiefland. Sie sind die großen Kommunikationslinien für Klimate, Floren, Faunen und Völker, die Civilisation durch ihre Thalbildungen herbeiführend, fördernd und ausgleichend. Vermittelst ihrer schreiten die Niederungen, zu denen sie führen, durch ihre innere Bodennatur, wie durch Nachbarschaften und Stellungen, von den mit Wasserfülle bedeckten und noch größtentheils mit ihrem ganzen Völkerleben auf die Ozeane angewiesenen Räumen, durch bestimmte Progressionen bis zu den zentralen und ganz kontinentalen fort, welche wenig oder nichts mehr mit den Ozeanen zu thun haben. Alle Unterschiede, welche sich im Stromgebiete eines Stufenlandes von seinem oberen, mittleren und unteren Laufe bis zum Deltalande an Naturfülle und historischen Erscheinungen, an Bevölkerungsverhältnissen, an Verhältnissen der Kultur und geistigen Bildung im Laufe der Zeit erzeugt haben, werden sich durch das ganze Stromgebiet ausbreiten, und was sich in Wassern, Aufschüttungen, Pflanzen, Agrikulturen, Thieren, Völkergruppen und Staatseinrichtungen vom Hochlande bis zum Meere vorfindet und ausgebildet hat, wird im Deltalande zusammengeführt werden. So erhalten die Stufenländer einen eigenthümlichen physikalischen und historischen Charakter, ein reiches Leben, wie sie Hochländer oder Niederungen für sich nicht aufzuweisen haben, eine Naturfülle und Geschichtsentwickelung im Völker-, Staaten- und Kulturleben, die nur ihnen eigenthümlich ist. — Wenn bisher nur die Einflüsse mächtigerer Gebirgs- und Plateaubildungen auf die Natur und die Völker betrachtet worden sind, so verdienen zum Schluß auch noch die untergeordneten Erhebungen der Erdrinde ihre Berücksichtigung. Sie sind keine Scheidewände; aus mannigfachen Gruppen zusammengesetzt, von Flüssen durchbrochen, geben sie den Ländern, gleich den größeren Erderhebungen, aber mit milderen Gegensätzen, zur Durchwandelbarkeit Wechsel der Klimate, der Floren und Faunen, und ein Gemisch von solchen niedrigeren, abgesonderten Gebirgsländern und Tiefländern, wie so glücklich sie das westliche und südliche Europa darbietet, erzeugt, weil dann jedem Erdstrich, selbst unter

denselben Breitengraden, andere Kulturen angehören, Bedürfnisse, deren Befriedigung die Thätigkeit der Einwohner anregt. So zeigt sich uns also, daß Alles, was auf der Oberfläche unsers Planeten, dem Wohnsitze des Menschengeschlechts, Abwechselung der Formen und Vielgestaltung erzeugt, dem Völkerleben einen eigenthümlichen Charakter einprägt. „So haben, sagt Humboldt, die furchtbaren Umwälzungen, welche in Folge einer Wirkung des Inneren gegen das Aeußere durch plötzliches Aufrichten eines Theiles der oxydirten Erdrinde das Emporsteigen mächtiger Gebirgsketten veranlaßten, dazu gedient, nach Wiederherstellung der Ruhe, nach dem Wiedererwachen schlummernder Organismen, den Festen beider Erdhälften einen schönen Reichthum individueller Bildungen zu verleihen, ihnen wenigstens dem größeren Theile nach die öde Einförmigkeit zu nehmen, welche verarmend auf die physischen und intellektuellen Kräfte der Menschheit einwirkt."

§. 105. Wenn durch Halbinseln das Gebiet eines Kontinentes in den Ozean hinaus erweitert wird, so geschieht dies noch mehr durch die vom Stamme eines Erdtheils ganz abgetrennten Glieder, die Inseln, welche Eroberungen ähnlich sind, die die kontinentale Natur über die ozeanische gemacht hat, während sie zu gleicher Zeit die öde Einförmigkeit der Wasserbildung aufheben und die Meere wahrhaft beleben. Nicht alle Inseln sind indeß kontinentale, sehr viele sind pelagische, aus dem Meeresgrunde hervorgestiegene, die in unabsehbarer Ferne von einem Erdtheile im freien, offenen Ozeane liegen. Keines der großen Meere hat so zahlreiche pelagische Inseln und Inselgruppen aufzuweisen, wie der stille Ozean, und dies veranlaßte manche Schriftsteller, in denselben die Reste eines vormals hier vorhandenen, später versunkenen großen Kontinentes zu erblicken. Und in der That bildet die Südsee eine ungeheure Lücke zwischen den kontinentalen Anschwellungen und Hervorragungen der alten und neuen Welt, so daß diese Voraussetzung einige Wahrscheinlichkeit für sich hat. Sie scheint bestätigt zu werden durch den merkwürdigen Umstand, daß diese Inseln von Menschen eines und desselben Stammes malayischer Race bewohnt sind, von Völkern, welche dieselben Eigenthümlichkeiten der physischen Organisation haben, dieselbe Sprache reden und dabei der Schifffahrt doch so unkundig sind, daß es unmöglich scheint, ihre Verbreitung durch Besetzung dieser zerstreut liegenden Inseln von fernher annehmen zu können; man glaubte daher in ihnen die Reste der Bevölkerung jenes alten Kontinentes zu erblicken. Allein gerade die vulkanische Natur dieser pelagischen Inseln scheint, nach Hoffman, zu beweisen, daß sich im Becken der Südsee kein Kontinent bilden konnte. „Die Kontinente nämlich können wol kaum anders als durch vulkanische Kräfte emporgetriebene Theile des vormaligen Meeresgrundes betrachtet werden, dafür spricht gleich sehr ihre geognostische Bildung als auch die Anomalie, welche im Erscheinen der Kontinente überhaupt liegt.

Es ist aber alsdann sehr begreiflich, daß sich da keine Kontinentalmassen erheben werden, wo die Erdkruste siebartig durchlöchert den elastischen Kräften, welche das Emportreiben des Landes bewirken, an unzähligen Stellen den Ausgang gestattet, und so muß es im Becken der Südsee der Fall gewesen sein, wo viele hunderte von alten Ausführungsgängen die Substanzen, welche, wenn sie verschlossen geblieben wären, den Meeresgrund erhoben hätten, ausleerten und an die Oberfläche brachten, um eine Inselwelt zu erzeugen." Unter den vielen in der Südsee zerstreut liegenden vulkanischen Inselgruppen sind aber gegenwärtig kaum mehr als zwei, die einen noch fortwährend thätigen Vulkan haben; dagegen zeigt sich die vulkanische Thätigkeit auf den langgestreckten Inseln, welche dem Saume der Kontinente von Australien und Amerika benachbart liegen oder auf den äußersten Rändern der Massen der Kontinente gegen die Südsee, wie auf der Westseite von Amerika, um so kräftiger und stärker, so daß wir sehen, es äußere sich die vulkanische Thätigkeit nicht sowol innerhalb der Südsee, als vielmehr an den Rändern dieses großen Beckens. Die kontinentalen oder Gestadeinseln, die im Bereich des Blickes und in der Nachbarschaft der Kontinente liegen, sind für die verschiedenen Erdtheile, die sie besitzen, eine ganz besondere Gunst der Natur, indem sie nicht nur die Herrschaft der Kontinente ungemein durch die Meeresräume erweitern, sondern auch ihre Uferumsäumungen aufs Vielfachste bereichern. Man denke sich nur diese Inseln von einem Erdtheile weg, und die Verarmung zeigt sich augenblicklich, man fühlt es, daß die Wechselwirkung abgeschnitten ist, die sonst zwischen dem Uferlande und den Inseln stattfinden konnte. Eine große Begünstigung genoß in dieser Hinsicht nebst Europa Asien, dessen Südostseite mit einem reichen Inselpark begabt ward. Man wird übrigens leicht begreifen, daß der kontinentale Charakter der Gestadeinseln durch das ozeanische, rings um sie waltende Element sehr modifizirt und in seinen Besonderheiten verändert werden muß. Wir erhalten dadurch eine eigene insulare Natur, die ebenfalls ein Produkt der Durchdringung der beiden Gegensätze des Festen und Flüssigen ist und sich von der kontinentalen in allen Beziehungen unterscheidet; eine Gestadeinsel spiegelt zwar im Allgemeinen jederzeit Verhältnisse des Festlandes ab, allein keines rein, stets modifizirt durch den bedingenden Einfluß des Ozeans. Die dadurch erzeugte Einförmigkeit und Gleichmäßigkeit des Klimas hat eine Pflanzen- und Thierwelt zur Folge, die weniger selbständige Formen zeigt, und theils vermittelnd zwischen den nächsten Kontinenten steht, theils die Faunen und Floren eines Kontinentes, aber geschwächt und allmälig verkümmert, enthält. Eben deshalb bedürfen die Gestadeinseln, und noch viel mehr die pelagischen, der Festländer und sind von ihnen abhängig; nur wenn die Inseln groß sind und an Produkten und Bevölkerung einen selbständigen Reichthum besitzen, werden zwischen ihnen und dem benachbarten

Kontinente die Verkehrsverhältnisse, sofern sie sich nicht auf Kunsterzeugnisse beziehen, geringer sein.

Der Gestalt nach geben sich zwei Hauptverschiedenheiten der Inseln zu erkennen, die für ihre Bildung und ihr Verhältniß zum Festlande von Wichtigkeit sind; die einen sind schmal und langgestreckt, die andern kreisrund und elliptisch. Jene entfernen sich nie weit von den Küsten größerer Kontinente, und kommen gewöhnlich nicht vereinzelt, sondern reihenweise vor, indem sie Ketten bilden, wobei die Spitze der einen immer der entgegengesetzten Spitze der folgenden gegenüber liegt; diese erscheinen mehr vereinzelt, unabhängig, selbstständig und halten sich nicht nothwendig an ein Festland. Die langgestreckten Inseln sind alle von einer oder mehreren parallelen Bergketten durchzogen, die oft zu bedeutender Höhe ansteigen und der Längenausdehnung dieser Inselketten entsprechen. Der große und atlantische Ozean bieten die ausgezeichnetesten Beispiele solcher Inselketten dar; dort umgibt eine solche die östlichen und nördlichen Gestade von Australien, eine andere den östlichen Küstensaum Asiens, und hier sind die Antillen dem östlichen Rande von Zentralamerika vorgelagert. Die australische Kette beginnt mit der Doppelinsel Neu-Seeland, deren weit gegen Nordwesten auslaufende Spitze an der nördlichen Inselhälfte auf die Fortsetzung der Kette in derselben Richtung hinweist, welche wir in den kleinen Norfolkinseln, Neu-Britannien, Neu-Hannover und Neu-Irland, ferner in der Louisiade und in dem westwärts sich krümmenden Neu-Guinea treffen; von da verlängert sich die Kette, westlich laufend, durch die Molukken nach den Sunda-Inseln. Die Längenerstreckung dieser Kette von Süden nach Norden bis Neu-Guinea beträgt 1100 Meilen. Der genaue Parallelismus der Inseln dieser Reihe mit den Nord-, Nordost- und Ostküsten Australiens hat zu der Ansicht Veranlassung gegeben, sie für die abgerissenen Glieder des benachbarten Kontinentes, für die Bruchstücke von dessen ehemaligem Gestade zu erklären, so daß sie demnach die Ausdehnung und Richtung des alten Küstensaumes des australischen Kontinentes bezeichnen würden. Diese Ansicht wird außer dem angeführten Parallelismus auch noch durch die geognostische Beschaffenheit dieser Inseln bestätigt. Die Zertrümmerung des alten Gestades wäre dieser Annahme zufolge am stärksten gewesen zwischen dem nördlichen und südlichen Ende des Gürtels, welches letztere um 30° östlicher liegt als jenes. Die ostasiatische Inselreihe setzt von Neu-Guinea nach den Philippinen über und von dort nach Formosa, Japan, den Kurilen bis Kamtschatka, das, wenn es vom Kontinente ganz losgetrennt wäre, ebenfalls die Gestalt einer langgestreckten Insel hätte. Auch die Inseln dieser Reihe sind, wie die der frühern, als Bruchstücke des alten Küstensaumes von Ostasien zu betrachten, und sie sowol, wie die zuerst genannten, müssen in Rücksicht auf ihre physikalische Beschaffenheit überall mit den Kontinenten, von denen sie

abgerissene Stücke sind, unter einerlei Gesichtspunkt gebracht werden, wobei der Umstand, daß ihre Reihen im Osten der Kontinente hinziehen und am zertrümmertsten gegen ihre Mitte hin erscheinen, gewiß nicht blos zufällig ist. Ueber die Entstehung der Inselreihe, welche Zentralamerika vorgelagert ist, sind die Ansichten getheilt. Humboldt, der das atlantische Wasserbecken als ein ungeheures Thal betrachtet (§ 101), worin die vorspringenden Winkel den einwärts gehenden entsprechen, hat die Ansicht geäußert, daß das Antillenmeer durch Strömungen ausgehöhlt worden sei, die, wie der gegenwärtige Aequatorialstrom, von Ost nach West gerichtet waren. Diese ziemlich wahrscheinliche Voraussetzung eines pelagischen Einbruchs hat zwei andere Hypothesen über die Entstehung der kleinen Antillen hervorgerufen. Einige Geologen nämlich nehmen an, es stelle diese ununterbrochene Inselreihe von Trinidad bis Florida die Trümmer einer ehemaligen Bergkette dar, und verbinden diese Kette entweder mit den Granitfelsen der französischen Guyana, oder mit den Kalkbergen von Paria. Andere, durch die Verschiedenheit der geognostischen Beschaffenheit des Urgebirgs der großen Antillen und der vulkanischen Kegel der kleinen Antillen geleitet, sehen diese letzteren als dem Meeresgrunde entstiegen an. Auch Humboldt ist eher geneigt, sie für Eilande anzusehen, welche durch's Feuer emporgehoben, in der Richtung von Süden nach Norden mit derjenigen Regelmäßigkeit gereihet wurden, von welcher uns so viele vulkanische Kegel in der Auvergne, in Mexiko und in Peru die auffallendsten Beispiele darbieten; in den großen Antillen erblickt er dagegen die Trümmer einer Gruppe von Bergen primitiver Formation, deren höchster Theil sich an der Stelle befunden zu haben scheint, wo die Inseln St. Domingo, Cuba und Jamaika einander am nächsten stehen.

Ganz verschiedene Verhältnisse läßt uns die Natur in den sogenannten runden Inseln erkennen, die, im weiten Ozean zerstreut und ohne Beziehung zum Lauf der Küsten der nächsten Kontinente, als selbstständige Bildungen erscheinen. Ihrer natürlichen Beschaffenheit nach theilt man sie in zwei Klassen, für welche seit Forster die Benennung der hohen und niederen üblich geblieben ist. Jene haben nebst den gerundeten Massen eine mehr oder minder vollkommene Kegelgestalt, indem sie vom Umkreis der Küsten aus ringsum gleichförmig bis zum höchsten Punkt aufsteigen, allein immer in der Mitte, wo man den Gipfel erwarten sollte, eine mehr oder minder tief eingreifende kesselförmige Vertiefung zeigen, welche gleichsam die hohle Achse des Kegels bildet, und an deren jähen und hohen Abstürzen im Inneren die Köpfe der über einander liegenden, aufsteigenden Schichten hervortreten. Die zackigen Wände der Kesselvertiefung, welche von der ansehnlichsten Höhe der Insel oft plötzlich fast bis zur Meeresfläche abstürzen, gewähren einen höchst eigenthümlichen wilden Anblick. Die Spanier der canarischen Inseln nennen diese Vertiefung la Caldera (Kessel). Die Abhänge

derselben sind von vielen schmalen, tief eingerissenen Schluchten (Barancos) zerspalten, welche ringsum strahlenförmig von dem Mittelpunkte ausgehen und schroff und steil abgerissen sind. Nur selten stehen die Barancos mit dem Inneren der Caldera in Verbindung, und bei den meisten Inseln dringt nur ein Baranco in den Kessel. Durch dieses Eindringen aber wird die innere Struktur dieser Inseln blos gelegt, man sieht, daß die Gebirgsarten der Inseln, meist Basaltgesteine, Mandelsteine, Konglomerate, deutliche Bänke bilden, welche ringsum regelmäßig mit der Oberfläche parallel gehen und stets gleichförmig von dem Zentrum der Inseln gegen den Rand geneigt sind, von allen Seiten also nach Außen mantelförmig abfallen. Nach L. v. Buch, dem wir, wie so vieles andere Treffliche der neueren Geognosie, die Charakteristik und Entstehungsweise dieser hohen oder basaltischen Inseln verdanken, hat ein senkrechter, durch die Kräfte des Erdinneren bewirkter Stoß von unten nach oben auf wagrechte Gesteinlagen dieselben bis zur höchsten Höhe emporgetrieben. Natürlich mußten diese Gesteinlagen, die den vormaligen Meeresgrund bildeten, an der Stelle bersten, wo die Kraft auf sie am heftigsten wirkte, und, zu bedeutender Höhe emporgetrieben, sich rings um das Zentrum der gemeinsamen Erhebung aufrichten, sie mußten ferner strahlenförmig von dem Mittelpunkte aufgerissen werden, und dadurch jene Barancos erhalten, und am Mittelpunkt selbst eine mehr oder minder ansehnliche Caldera bilden. Das Ganze erscheint somit als ein Werk einer gewaltigen Kraftäußerung aus dem Inneren der Erde, die auf die beschriebene Weise ganze Quadratmeilen große Inseln zu oft sehr bedeutenden Höhen erheben kann und erhoben hat. Die Caldera erscheint als Krater, und da sie eine Wirkung der Erhebung des Bodens ist, nennt sie L. v. Buch Erhebungskrater, zum Unterschied von Ausbruchskratern, oder den mit einer trichterförmigen Vertiefung im Gipfel versehenen kegelartigen Haufwerken, gebildet durch Ausschleudern vulkanischen Materials verschiedener Art, durch welche wahre Vulkane mit der Atmosphäre in Verbindung stehen. Die Inseln mit Erhebungskratern verdanken offenbar ihren Ursprung vulkanischen Wirkungen, und es ist klar, daß solche isolirte basaltische Inseln nicht anders als aus dem Boden der See heraufgestiegen sein können. Wenige dieser Inseln mögen an Schönheit und Deutlichkeit dieser Verhältnisse mit Palma zu vergleichen sein, auf welcher der kreisrunde Boden der dortigen Caldera, 2000′ über dem Meer, eine geographische Meile im Durchmesser hat, und deren furchtbar zerrissene Wände über ihr eine senkrechte Höhe von 4000′ bis 5000′ erreichen. Daß aus der Mitte eines Erhebungskraters, wo den durchbrechenden Kräften nur der geringste Widerstand zu überwinden übrig bleibt, allmälig ein neuer Kegel, nachdem er den inneren Raum der Caldera ausgefüllt hat, emporsteigen könne, welcher zum dauernden Vulkan wird, ist eine Erfahrung, welche vor andern deutlich und überzeugend der

Pic von Teneriffa gewährt, an dessen Abhängen man die Ränder der alten Caldera als einen prachtvollen Halbkreis von Felswänden an der Südseite wahrnimmt, ein Amphitheater bildend, von wo aus man den letzten großen Kegel des Pic erst in seiner Größe (1905 Toisen) und symmetrischen schlanken Gestalt sieht. Der Vulkan einer solchen Insel bildet für eine Inselgruppe allemal einen Zentralvulkan, welcher seine Eruptionserscheinungen in weitem Kreise umher verbreitet. — Ganz anders sind die niederen Inseln entstanden. Sie sind das Erzeugniß des kleinsten Lebens der Erde, Bauwerke von Thierchen, die denen ähnlich sind, von welchen die prachtvolle Erscheinung des Meeresleuchtens herrührt. Sie heißen Madreporen, Lithophyten (Mäandrinen, Cariophylläen, Asträen und Alcyonien), die ihre Wohnungen auf vom Meere bedeckten Felsen bauen, und sie ganz oder theilweise überziehen. Wenn die Madreporen sterben, so erheben jüngere Geschlechter ihr Gehäuse weiter, sterben, wenn ihre Zeit kommt, ebenfalls, und überlassen das Denkmal ihrer bewundernswürdigen Thätigkeit, ihren Nachkommen. Sie hausen stets nur in den obersten Theilen ihres Baues, und hat derselbe bereits eine ansehnliche Höhe erreicht, so sind seine unteren Theile längst schon vom Leben verlassen und Bestandtheile des anorganischen Reiches der festen Erdrinde geworden. Die niederen pelagischen Inseln stehen an Zahl und Größe den hohen sehr nach. Die Art, wie die Ausbildung derselben vor sich geht, ist zuerst insbesondere durch R. Forster, später durch Chamisso und A. und neuerlichst durch Beechey vollkommen entwickelt worden; die speziellere Beschreibung bleibt aber einem folgenden Abschnitte überlassen.

II.

Veränderungen in der Gestaltung des Festen und Flüssigen der Erdoberfläche.

§. 106. Unsere Erdoberfläche ist nicht immer so gewesen, wie sie sich uns jetzt darstellt, sie hat vielmehr in der Gestaltung ihrer festen und flüssigen Bestandtheile viele und wesentliche Veränderungen erlitten, die ihrer Mehrzahl nach beharrlichen Bestand gewonnen und in der Reihenfolge der Jahrtausende dem Wohnplatze des Menschengeschlechtes seine jetzige Gestalt gegeben haben. Die einen derselben haben die ganze Erde, oder doch den größten Theil derselben betroffen, während das Gebiet anderer auf kleinere oder ausgedehntere Strecken beschränkt blieb; auch erfolgten die einen sehr allmälig und in langen Zeiträumen, andere dagegen in kurzen, wechselnden Perioden. Die Veränderungen, von denen zunächst die Rede sein wird, sind solche, welche die Erdoberfläche noch täglich erleidet, oder die wenigstens nicht viel

über die Zeitscheide hinausgehen, wo unsere Kontinente ihre jetzige Bildung annahmen und die gegenwärtige Ordnung der Dinge begann. Gleichwol gehören sie einem großen Zeitraume in der Geschichte der Erde an, da mancher derselben nicht einmal in dunkeln Sagen alter Völker Erwähnung geschieht; sie sind außerdem letztes Glied der langen Kette von Erscheinungen, über deren Anfang man früher kaum Vermuthungen wagte, bis die Wissenschaft unserer Tage das große Naturgedicht aus den Schriftzügen der Erdrinde verstehen lernte. Wir haben diese Veränderungen als Wirkungen mechanisch oder chemisch thätiger Kräfte, organischer oder unorganischer Ursachen zu betrachten, wodurch hohe Theile der Planetenoberfläche erniedrigt, niedrige erhoben, Vertiefungen ausgefüllt, die Grenzen zwischen Festem und Flüssigem mannigfach verändert, Senkungen und Einstürze herbeigeführt, und aus dem Zerstückten, Zersetzten, Aufgelösten wieder neue Bildungen erschaffen wurden. Nach Lyell's Grundsätzen sind die jetzt noch wahrnehmbaren Wirkungen nicht nur der Typus, sondern auch der Maßstab für die Intensität physischer Kräfte, welche in sämmtlichen früheren Perioden der Erde thätig waren, und man würde sich wenigstens sehr irren, wenn man glaubte, daß die ganze frühere Bildungsgeschichte der Erde nur die verhältnißmäßig rasch abgespielte, stürmische Einleitung zur Menschengeschichte gewesen wäre. Luft, Wasser und Feuer, nebst der kleinsten Thierwelt, sind die großen Agentien, welche, wenigstens theilweise unter dem Gesetz der Schwere, diese Veränderungen verursacht haben, und unter denen wir Wasser und Feuer als die hauptsächlichsten und kräftigsten betrachten können. Jenes ist der stetig und ununterbrochen, dieses der periodisch wirkende Faktor, das erstere ist die ausgleichende Macht, die unaufhörlich damit beschäftigt ist, die Unebenheiten der äußeren Erdrinde auf ein Niveau zu bringen, das Feuer, oder die emporstrebenden Gewalten der Tiefe sind gleich sehr thätig, die Unebenheiten wieder herzustellen, indem sie entweder neue Stoffe aus dem Inneren der Erde emportreiben, oder Ursache von Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche sind. Oft ist es der Fall, daß beide Faktoren auf einen Effekt operiren, den keiner für sich allein hervorzubringen vermöchte, während sie anderemale gesondert oder einander entgegen wirken, und von der Luft und von organischen Kräften unterstützt, oder in ihren Wirkungen geschwächt werden; doch besteht zwischen beiden ein ewiges Wechselverhältniß.

Es ist nicht immer leicht, die hier folgenden Thatsachen nach dem Einflusse an einander zu reihen, den die verschiedenen Kräfte auf sie ausgeübt haben, besonders wenn sich uns die Wirksamkeit zweier oder mehrerer, die vereint oder wenigstens gleichzeitig thätig waren, zu erkennen gibt. Die Erscheinungen der Gegenwart sollen aber begriffen werden, weshalb bei ihrer Betrachtung die näheren oder entfernteren Ursachen derselben stetsfort in's Auge zu fassen sind, und ich habe daher den Grund zur Anordnung von den

beiden Hauptfaktoren aller wichtigeren und allgemeineren Veränderungen an der Erdoberfläche, dem Feuer und dem Wasser in den verschiedenen Formen seines Vorkommens, entlehnt, wobei die Wirkungen der Luft an sich und durch Winde und diejenigen der Schwere und durch organische Kräfte am geeigneten Orte ihre Stelle finden werden. Nach diesem Plane erhalten wir drei Abschnitte, in denen nach einander zuerst von den Veränderungen in dem quantitativen Verhältniß zwischen Land und Meer, zweitens von denjenigen, welche den festen Theil der Erdoberfläche durch Hydrometeore und Landgewässer betroffen haben, und drittens von den durch Vulkane und Erdbeben bewirkten Umgestaltungen die Rede sein wird.

Das Wasser ist eines der Mittel, deren sich die Natur zur Zertheilung, Zersetzung und Auflösung der die Erdrinde bildenden Massen bedient; es wirkt zerstörend und neubildend, und äußert seine Thätigkeit in beiden Fällen auf mechanischem und chemischem Wege. Wir wissen schon aus §. 75, daß es eine auflösende Eigenschaft besitzt, wobei es in der Auflösung den Materien mancherlei Einwirkungen auf einander gestattet und die eine oder die andere, zuletzt selbst alle wieder fahren läßt, indem es sie aus der Auflösung dadurch abscheidet, daß es verdunstet oder bei höheren Graden der Wärme in Dampfform davon geht. Man sieht hieraus, daß diese auflösende Eigenschaft nicht nur destruktive, sondern auch reproduzirende Wirkungen zur Folge haben kann, und das süße, wie das gesalzene Wasser verdankt diese Eigenschaft vornehmlich seinem Gehalt an Säuren. Als im vorigen Abschnitt von der Beschaffenheit des Meerwassers und der Quellen die Rede war, lernten wir das Wasser bereits als chemisches Lösungsmittel von Gesteinarten kennen und überzeugten uns, daß es die in ihm enthaltenen mineralischen Substanzen großentheils auf diesem Wege erhalte. Das in der Atmosphäre als Dunst enthaltene Wasser übt dieselben Einwirkungen auf die Gesteine aus und löst dieselben, wenn auch langsamer, nach und nach auf, so daß mithin die chemisch wirkende Thätigkeit des Wassers eine allverbreitete ist, weil es in seinem Vorkommen als Wasserdampf in der ganzen Atmosphäre enthalten ist. Die Einwirkungen des atmosphärischen Wassers sind bekannt unter dem Namen der Verwitterung (Zersetzung), welcher auch die härtesten Gesteine, wenn gleich nicht in demselben Grade, unterworfen sind und ihr bald schneller, bald langsamer unterliegen. Der Granit z. B. gehört zu den härtesten Gesteinen der Erde, und besteht aus der Verbindung dreier krystallinischer Mineralarten, des Feldspathes, Quarzes und Glimmers. Unter diesen ist besonders der Feldspath zur Verwitterung geneigt und gibt, weil er in den meisten Graniten den vorwiegenden Bestandtheil ausmacht, dadurch auch zur Verwitterung der ganzen Masse Veranlassung. Der Feldspath ist nämlich chemisch zusammengesetzt aus Kieselerde und Thonerde, die immer in ihm vorkommen, wozu dann noch ent-

weder Kalkerde, oder Kali, oder Natron treten. Weil nun außer dem Wasserdampf in der Luft freie Säuren vorhanden sind, unter deren Einfluß Kali, Natron und Kalkerde ihre Verbindung mit Kieselerde aufgeben, so wird es dem atmosphärischen Wasser möglich, sie aufzulösen und dadurch die granitische Verbindung zu zerstören. Das bis dahin feste krystallinische Gestein zerfällt in eine weiße erdige Substanz, die aus Kiesel- und Thonerde gemengt ist und Porzellanerde heißt. Auch der derbe, d. h. der nicht erdige und nicht krystallinische Feldspath unterliegt demselben Prozeß, und da diese Art seines Vorkommens bei Porphyren die gewöhnliche ist, so zerfallen letztere ebenso, wie der Granit, in Porzellanerde. Um noch ein Beispiel anzuführen, so ist bekannt, daß das atmosphärische Wasser auch auf Sandsteine auflösend einwirkt, indem es das gewöhnliche Bindemittel derselben, Kalk, zerstört, und dem Regen Gelegenheit gibt, die aufgelösten Sandkörner wegzuwaschen. Aeltere Gebäude, die aus Sandsteinen von ungleicher Härte aufgeführt sind, zeigen uns an den verschiedenen Baustücken mehrfache Grade der Verwitterung und können uns über die Prozesse belehren, denen der Erdball im Großen seit Jahrtausenden ausgesetzt war. Ist das Wasser blos mechanisch, d. i. einfach bewegend thätig, so kann es das eine Mal durch Anschwemmung neue Gebilde erzeugen, während es andere Male zernagend, auswaschend und verschlingend, also zerstörend wirkt. Verstärkt wird diese auswaschende und aushöhlende Kraft, wenn das Wasser Sand oder Kies mit sich führt, in welchem Falle die festen Bestandtheile durch Reibung zernagt werden. Jedermann kennt den Effekt des fallenden Wassertropfens, er ist sprichwörtlich geworden; je nach der Höhe, von der der Tropfen fällt, und der Härte des Steins, den er trifft, höhlt er den letzteren in längerer oder kürzerer Zeit aus. Lyell erzählt von dem Flusse Simeto oder Gabello am westlichen Fuße des Aetna, daß derselbe im Jahr 1603 von einem quer durch sein Bett geflossenen und hier erkalteten Lavastrom in seinem Laufe gehemmt und dadurch aufgestaut worden sei, bis er am oberen Ende des Lavadammes einen Abfluß fand. Das Wasser und das von demselben geführte Kies grub sich nach und nach in dem Lavadamme eine rinnenartige Schlucht, die gegenwärtig 40—50 Fuß tief und abwechselnd 50—100 Fuß breit ist. Der Katziser Bach, der vom Heinzenberg (Graubündten) herabfließt, hat sich in verhältnißmäßig kurzer Zeit in dem dortigen Bündtnerschiefer ein tiefes und breites Tobel eingegraben, anderer derartiger Beispiele in den Alpen nicht zu gedenken. Noch großartiger zeigt sich aber die mechanische Wirksamkeit des Wassers auf den Shetlands-Inseln, wo eine mauerartige Porphyrmasse, welche dem Prozeß der Zersetzung, der die dortige Küste zerstört hat, entgangen ist, und eine Art von Wall gegen die Eingriffe des atlantischen Ozeans zu bilden scheint. Das Meer, von den Winterstürmen aufgewühlt, schlägt mit aller Kraft eines Geschützes gegen den Felsen,

und die wiederholten Angriffe seiner Wogen haben in ihm einen Eingang erzwungen, der in jedem Winter durch die einbrechende Brandung erweitert wird, indem dieselbe große Stücke von der Seite ablöst und sie oft 180 Fuß weit wegwirft (§. 84). Wir sehen also, daß selbst die festesten und dauerhaftesten Gesteinarten nicht vor Zerstörung gesichert sind, wenn sie auch längere Zeit als andere der Gewalt der Elemente zu widerstehen vermögen. Das zuletzt angeführte Beispiel leitet übrigens zu den folgenden Betrachtungen über.

1.

Veränderungen in dem quantitativen Verhältniß zwischen Land und Meer.

a) Vergrößerung der Meeresfläche durch die zerstörenden Wirkungen der Fluth und der Strömungen.

§. 107. Die Vergrößerung des Meeres geschieht vor allen Dingen durch Eingriffe des Meeres in die Bestandtheile des Ufers, es sind Eroberungen, die das flüssige Element auf Kosten des festen Landes macht, indem es Theile desselben zernagt und verschlingt. Dabei wird die Wirkung seiner Wogen vielfach unterstützt durch Winde und atmosphärische Niederschläge, durch Landgewässer und vulkanische Erscheinungen. Die Beispiele sind sehr zahlreich und beruhen entweder auf Sagen oder sind durch historische Zeugnisse beglaubigt. Für unsern Zweck wird die Hervorhebung der merkwürdigsten Fälle genügen.

Bei den zerstörenden Einwirkungen der Fluth und der Strömungen auf Festland, das dem Meere entgegensteht, kommt viel auf dessen Beschaffenheit an. Flache Ufer, die dem Meere Ueberfluthungen gestatten, werden eher Veränderungen erleiden und sich nachgiebiger zeigen, als Steilufer, die größeren Widerstand zu leisten vermögen; doch äußert das Meer auch auf diese, wie uns das obige Beispiel belehren kann, seinen zerstörenden Einfluß aus, wobei sie durch den Schaum oder das Flugwasser auf die Zertrümmerung durch die mechanische Gewalt der Wellen vorbereitet werden. Es hängt in der Regel lediglich von der Natur der Gesteine und der Lage der Schichten, woraus diese Ufer bestehen, ab, ob die Zerstörung innerhalb eines größeren oder kleineren Zeitraums erfolge. Steilküsten, welche aus krystallinischen und derben Felsarten bestehen, zeigen das Eigenthümliche, daß sie nach gewissen Richtungen Spalten werfen und sich dadurch in gewisse Bruchstücke und Blöcke sondern; diese Zerklüftung und Absonderung führt ihre Zertrümmerung herbei, indem das Meer die gelösten Stücke noch mehr lockert und wegführt und auf solche Weise stets neue Flächen der Verwitterung und der nagenden Gewalt der Wellen preisgibt. In vielen Fällen bilden die

abgebrochenen Trümmer, welche von der steilen Wand niederfallen, mit der Zeit einen Damm, der die Fluth bricht und das fernere Ablösen durch die Wogen hindert. Ist dagegen die Gesteinart der steilen Ufer mehr erdiger Art, wie z. B. an den ostwärts gewendeten Küsten Englands, den dänischen Inseln und Rügens, die aus Kreidefels bestehen, so zeigt die zerstörende Kraft der Wogen in kurzer Zeit oft sehr bedeutende Wirkungen; denn das Meer nagt an der Kreide, wäscht und spült einen Theil ihrer Masse am Grunde fort, beraubt den darüber hängenden Theil seiner Stütze, der nun hinunterstürzt, vom Meere verschlungen und weggeführt wird, worauf sich der ganze Vorgang wiederholt. Wechseln ferner bei einem Ufer Gesteine von verschiedener Härte und Festigkeit mit einander ab, so werden die weicheren leicht in kleine Stücke zerspringen, daher zerstörbarer sein; von Landgewässern und dem Meere vielfach ausgewaschen und ausgehöhlt, müssen sie das Einstürzen der auf ihnen ruhenden härteren Felsarten und damit die Zertrümmerung der Küsten veranlassen. Ein ähnlicher Effekt endlich gibt sich kund, wenn die Gesteinschichten, aus denen eine Küste besteht, gegen das Meer einfallen. Da die Schichten immer, nach oben und nach der Tiefe, durch in höherem oder geringerem Grade erkennbare Flächen begrenzt sind, so werden Ufer, die sich mit der Neigung ihrer Schichten ins Meer senken, dadurch vom Meere leicht zerstört, daß das Wasser in einer Schichtungsebene aufwärts vordringt, die darüber befindlichen Schichten löst und ihr Herabgleiten verursacht. Schießen aber die Gesteinschichten gegen das Land ein, so bieten sie dem Meere nur ihr Ausgehendes, die Schichtenköpfe, dar, ein Abgleiten der oberen Schichten gegen das Meer ist in diesem Falle nicht möglich, und die Wogen können ihre Gewalt nur an den ausgehenden freien Rändern ausüben. — Indem ich nun eine Reihe von Beispielen für Zerstörungen von Küsten und Inseln folgen lasse, bemerke ich, daß ich, so oft ich konnte, angegeben habe, welche von den vorhin angeführten vier Fällen dabei vorkommen; überall war es mir nicht möglich, weil die Berichte von solchen Katastrophen, wenn sie auch auf Aussagen von Augenzeugen beruhen, doch meistens nur das Faktum ohne nähere Angabe der geognostischen Beschaffenheit der Ufer enthalten. Die Quellen, aus denen ich schöpfe, sind vornämlich Lyell und v. Hoff.

Die felsigen Gestade der Krimm sind öfteren Veränderungen unterworfen, weil dort mit festeren Kalkfelsen Lager von Schieferthon abwechseln, der, indem er die Feuchtigkeit anzieht, leicht in kleine Stücke und Blätter zerspringt und durch das Wasser ausgewaschen wird; dies hat das Einstürzen der auf dem Schieferthon ruhenden Kalkfelsen und somit nothwendig eine Veränderung in den Küstenumrissen der Halbinsel zur Folge. Die Alten nahmen es als eine bekannte Thatsache an, daß die aus primitiven Felsarten bestehende Insel Euböa von Böotien durch das Meer abgerissen,

und ebenso, daß von dieser Insel die Insel Ceos auf gleiche Weise getrennt worden sei; und diese Abreißungen von der böotischen Küste sind nicht die einzigen, deren sie erwähnen. Leon, auf dessen Spitze Cadix liegt, soll in älteren Zeiten 10 spanische Meilen Länge und 30 im Umfang gehabt haben; jetzt ist es nur 3 Meilen lang und 2 Meilen breit, da das Uebrige vom Meere weggespült worden ist und der schmale Hals, durch welchen Cadix mit dem übrigen Theile der Insel verbunden ist, noch heute Einbuße von Westen her erleidet. Die ausgezackten Küsten der Bretagne, gegen die der atlantische Ozean anstürmt, haben alten Sagen zufolge vielfache Veränderungen erlitten, von denen deutliche Spuren wahrzunehmen sind. Granit ist es hauptsächlich, welcher die zersplitterten Gestade dieser Halbinsel bildet. Während des 9. Jahrhunderts sollen die Wellen Wälder und Dörfer verschlungen und die Gestalt der Küsten ganz verändert haben; sechs Gemeinden wurden um das Jahr 1500 und später überfluthet und man findet auch wirklich in diesem Theile des Meeres zuweilen Stücke von Mauern ehemaliger Häuser und Dörfer; ja im J. 1735 deckte ein Sturm die Ruinen eines dieser Dörfer auf, so daß man Alles deutlich sehen konnte. Von den Küsten Großbritanniens und Irlands sind zahlreiche Sagen und historisch beglaubigte Nachrichten vorhanden, die Zerstörungen mannigfacher Art erwähnen und uns lehrreiche Beispiele geben, wie wenig der Boden in der allgemeinen Küstenlinie den Gang des Weltmeeres aufzuhalten, oder das Schicksal, welches eine ganze Gegend zu erwarten hat, abzuwenden vermag; sie zeigen uns, wie irrig der Glaube an die Beständigkeit der vorhandenen Festländer oder an das Unvermögen jetzt wirkender Ursachen ist. An der östlichen Gestadelinie Englands ist die ganze Küste von Yorkshire, von der Mündung des Tees bis zu der des Humber, in einem Zustande stufenweisen Verfalls; die aus Lias, Oolith und Kreide bestehenden Felsen werden zersetzt, zeigen schroffe Abgründe von oft 300 F. Höhe und nur an wenigen Punkten deutet die Grasdecke der steilen Abhänge auf ein temporäres Nachlassen der fressenden Kraft des Meeres. Noch rascher gehen die Zerstörungen vor sich, wo die Küste aus Lagern von Thon, Sand, Geschieben und Kreidegeröllen besteht, indem die unregelmäßige Einmengung von Thonlagen das Hervortreten von Quellen veranlaßt, wodurch bei starker Strömung von Norden her das Unterwaschen durch das Gegenschlagen der Wellen gegen das Ufer erleichtert wird. Die niedrigen Ufer um den kleinen Wash-Busen haben starke Einbrüche erlitten und es finden sich dort Moräste in Gegenden, die noch im 11. Jahrhundert im schönsten Anbau standen. An derselben Küste steht ein großer versunkener Wald unter Wasser, dessen Bäume an Stämmen, Wurzeln und Aesten noch fast unversehrt sind und deren Harz noch benutzt werden kann. Nach Aussage der Fischer bedeckt diese Holzablagerung einen mehrere Meilen langen Strich des dortigen Meeresbodens

und stand die Kirche des Dorfes an einer Stelle, wo jetzt das Meer fluthet. An der Mündung des Humber soll im J. 1475 ein ansehnlicher Strich Landes mit mehreren Dörfern weggerissen worden sein; Städte von Bedeutung, die an demselben Flusse lagen, werden jetzt lediglich von der Geschichte erwähnt und man sieht an ihrer Stelle nur noch große Sandbänke. Ganz ähnlich findet man auf allen Karten an der Küste von Yorkshire Stellen, die jetzt Sandbänke im Meere sind, wo früher Städte und Dörfer standen. Weiter nach Süden sind die Küsten von Suffolk und Norfolk in einem unaufhörlichen und raschen Prozesse der Zerstörung und Zersetzung begriffen. An der Südküste von England stürzte im J. 1813 beim Vorgebirge Brachy-Head eine 300 Fuß lange und 70—80 Fuß breite Kreidemasse mit fürchterlichem Krachen nieder, und ähnliche Landschlipfe sind seitdem häufig gewesen. In einer Periode von nicht mehr als 80 Jahren werden 20 Fälle erwähnt, in denen Landstriche an der Küste von Sussex von 20 bis 400 Morgen groß auf einmal weggerissen wurden. Unter der Regierung der Königin Elisabeth lag die Stadt Brighton da, wo sich jetzt eine Reihe von Pfeilern in's Meer erstreckt; im J. 1665 wurden 22 Wohnungen am Gestade zerstört, es blieben noch 113 Häuser an jener Stelle stehen, die 1703 und 1705 ebenfalls vom Meere verschlungen wurden, so daß jetzt gar keine Spuren der alten Stadt mehr sichtbar sind. So zeigt die ganze Küste des britischen Inselreiches zahlreiche Spuren der unwiderstehlichen Gewalt, womit die ozeanischen Fluthen sie benagen, und diesem Schicksale unterliegen selbst die härtesten Felsarten. In hohe Klippen sind tiefe Höhlen und weite Bogen gegraben und fast jedes Vorgebirge endigt in eine Menge von Felsen, welche die Gestalt von Säulen, Spitzen und Obelisken haben. Einen andern sehr merkwürdigen Schauplatz der Verheerungen durch Meeresfluthen bieten uns die flachen und sandigen Nordseeküsten Hollands und Deutschlands dar. Die Zerstörungslinie erstreckt sich von Boulogne bis zur Mündung der Elbe und von da nordwärts längs den Westküsten von Dänemark, und auf dieser ganzen Linie hat mit geringen Ausnahmen die ganze Küste der Kraft der Wogen nachgegeben. Auch hier, wie an den englischen Ufern, gehen die Veränderungen zum Theil unter den Augen der gegenwärtigen Welt noch vor sich, und geben uns an den Küsten Hollands das auch anderwärts vorkommende Beispiel zweier sich entgegenwirkender Kräfte, hier nämlich der Rheinmündung, dort der Ebbe und Fluth nebst einer starken Strömung, welche den Ausfluß des Stromes durchschneidet. Jede dieser beiden Kräfte macht der andern den Boden streitig, indem die eine das bereits gebildete Delta zu vergrößern, die andere in dasselbe einzubrechen bestrebt ist. Nach der Ansicht Lyell's gab es sehr wahrscheinlich eine Zeit, in welcher der Fluß die Oberhand hatte, allein seit den letzten zweitausend Jahren, seitdem die Veränderungen von den Bewohnern wahrgenommen und zum Theil mit

ertragen worden sind, ist der Vortheil auf der Seite des Ozeans geblieben, der Umfang des Landes ist immer mehr beschränkt, die natürlichen und künstlichen Dämme sind einer nach dem andern weggespült und mehrere hunderttausend Menschen in den Wellen begraben worden. Die Inseln, welche noch jetzt in einer Reihe die Küste des Rheindeltas einfassen, haben sich der Größe und der Zahl nach vermindert und bezeichnen vielleicht die alte Uferlinie des vordem größeren Deltas, und wenn auch durch den Rhein und das Meer an manchen Stellen neuer Zuwachs an Land entstanden ist, so steht derselbe doch nicht im Verhältniß zu den Eingriffen des Meeres, durch welche große Landstriche, Dünen von Triebsand, mit zahlreichen Städten und Dörfern von dem 14. bis zum 18. Jahrhundert weggerissen worden sind. Die bedeutendste Eroberung hat das Meer gemacht, als es sich mit der vormals geschlossenen Zuydersee in Verbindung setzte. Die wiederholten Einbrüche, welche den ehemaligen Landsee und einen großen Theil des benachbarten Landes zum Meerbusen umgestalteten, begannen mit dem Anfang des 13. Jahrhunderts und waren gegen das Ende desselben vollendet, als im J. 1282 der Durchbruch vollständig erfolgte. Man sieht leicht, daß durch diese Katastrophe große Veränderungen in den Küstencontouren bewirkt werden mußten; allein es ist nicht nur Land zerstört, es ist auch Land angesetzt worden, und Städte, die früher am Meere lagen, sind jetzt weit davon entfernt. Von Holland bis zur Elbemündung treffen wir durchaus ähnliche Verhältnisse an, wie das eben erwähnte. Die Inseln vor der Mündung der Ems scheinen sonst zusammengehangen zu haben und erst in neuerer Zeit durch das Meer auseinander gerissen worden zu sein; Borkum, das vordem 12 bis 16 Quadratmeilen groß gewesen sein soll, ist erst in ganz neuer Zeit in zwei Theile zerrissen worden. Zur Römerzeit war der Meerbusen Dollart noch nicht vorhanden; eine Fluth im J. 1277 bewirkte die erste große Zerstörung, ihr folgten neue Fluthen nach, so daß die Zerstörung während einiger Jahrhunderte allmälig immer weiter fortschritt, bis im J. 1539 ein Damm zu Stande kam, der das weitere Umsichgreifen des Meeres hinderte. Die verschlungene Gegend enthielt, außer einer Stadt, fünfzig Märkte, Dörfer und Klöster, die schönsten und reichsten in Friesland. Durch Ansetzen von neuem Land ist der Dollart von 6 auf 3½ Q. M. verkleinert worden. An der Ostseite von Jever wiederholt sich die Erscheinung des Dollart in der Jahde, einer Bucht, deren eigentliche Entstehung in das Jahr 1218 gesetzt wird. Ganz ähnliche Ereignisse haben sich in neuerer Zeit an den Küsten Südamerikas und Afrikas zugetragen. In der Provinz Cumana wurde im Jahr 1726 die Fluth des Ozeans durch einen heftigen Windstoß weit in das Land hineingeworfen, sie durchbrach den Isthmus, der die gewöhnliche Fluthhöhe überragte, und verwandelte den hinter demselben gelegenen Salzwassersee in einen mehrere Meilen langen Meerbusen. Der See von Abukir

in Aegypten ist das jüngste Beispiel der an der dortigen Küste vorgegangenen Veränderung; er entstand durch den Einbruch des mittelländischen Meeres im J. 1784 und nimmt wahrscheinlich die Stelle von drei oder vier alten Städten ein. Kehren wir in die Nordsee zurück, so finden wir dort die einst mehrere Quadratmeilen haltende Insel Helgoland so verkleinert, daß sie jetzt aus einem kaum 4000 Fuß langen schmalen Felsen besteht. Die Meeresfluth, die in der Elbe bis Hamburg aufwärts wirkt, scheint auch daselbst ihre verheerenden Wirkungen geäußert zu haben. Als im November 1845 ein neuer Hafen angelegt wurde, traf man 5 Fuß unter dem Boden des Stadtgrabens und 8 Fuß unter der Oberfläche des Grasbrooks ein mehrere Fuß mächtiges Lager, das zum größten Theil aus Haselnüssen und Eicheln, mit vegetabilischer Moorerde vermengt, bestand. Unter dieser Moorerde lag eine große Menge Baumstämme horizontal dicht an und über einander, und zwar mit den Wurzeln gegen Westnordwest, mit der Krone gegen Ostsüdost. Die Stämme scheinen meistens der Eiche und Buche anzugehören. Weiter nordwärts an den Westküsten der dänischen Halbinsel besteht ein alter Kampf zwischen Land und Meer, der sich bis auf unsere Tage fortsetzt und in einer fernen Zukunft Jütland zu einer Insel machen kann. Während die Ostküste ziemlich steil ist, trifft man auf der Westküste der Halbinsel keinen über das Meer erhabenen Boden, sondern entweder Marschland oder Flugsand, also ein Ufer, das sich gegen die Sturmfluthen sehr nachgiebig zeigt. Erst im J. 1824 durchbrach bei einer Sturmfluth das Meer den Isthmus, welcher Nordjütland mit dem übrigen Theile der Halbinsel vereinigte, die Gewässer der Nordsee ergossen sich in den Lymfiord, einen abwechselnd sich erweiternden und verengenden Busen der Ostsee. An den Küsten von Schleswig war einst ein sehr fruchtbarer und bevölkerter Landstrich, Nordfriesland genannt, der eine mit dem Festland verbundene Halbinsel von 9 bis 11 Meilen Länge und 6 bis 8 Meilen Breite bildete. Im J. 1240 wurde er vom Festlande abgerissen und zum Theil von den Wellen verschlungen. Die dadurch entstandene Insel Nordstrand hatte gegen Ende des 16. Jahrhunderts über 4 Meilen im Umfang und war wegen ihrer Bevölkerung und Kultur berühmt; aber neue, immer wiederkehrende Fluthen verwüsteten sie oft, bis endlich im J. 1634 am 11. October Abends die ganze Insel von den Fluthen gänzlich zerrissen wurde, wobei 1338 Häuser und Kirchen zerstört wurden, 6408 Menschen und 50000 Stück Vieh in der Katastrophe zu Grunde gingen und von der ganzen Insel nichts übrig blieb, als Nordstrand, Pelworm und Lütje-Moor, drei kleine Inseln, die den Eingriffen und Zerstörungen des Meeres noch immerfort ausgesetzt sind. Die östlichen Küsten von Dänemark, sowie diejenigen von Mecklenburg leiden wenig vom Meere, weil sie durch die vorliegenden dänischen Inseln geschützt sind; weiterhin aber, wo die Bewegungen der Ostsee

auf die breite unbeschützte Südküste ungehindert wirken können, werden die Zerstörungen wieder häufiger. So haben die Inseln Usedom und Wollin vor der Odermündung mancherlei Veränderungen in ihren Küstenumrissen erfahren, und Rügen, das einst größer war, ist durch wiederholte Sturmfluthen fortwährend verkleinert worden. Weiter östlich, in Samland, finden sich wieder Spuren von Küstenzerstörungen durch das Meer; Buchten sind jetzt an der Stelle von ganzen Strecken Landes, die früher mit Wald bedeckt waren. Es würde ermüden, wenn ich die Veränderungen in den Umrissen der verschiedenen Küsten, die Verwandlungen von Landstrichen, welche mit dem Festlande zusammenhingen, in Inseln oder in Meeresgrund u. dgl. m. hier häufen wollte, die angeführten Beispiele können genügen, um zu zeigen, daß in einer fernen Zukunft die nagende Kraft des Wassers den Küstenumrissen der Festländer und Inseln eine ganz andere Gestalt geben wird, als sie jetzt ist, und es ist ganz natürlich, daß auch in andern Theilen der Erde zahlreiche Beispiele ähnlicher Zerstörungen angetroffen werden, die unter gleichen oder ähnlichen Verhältnissen erfolgten, wenn schon die näheren Umstände, die dabei mitwirkten, nicht allemal genau zu ermitteln sind. Aber nicht nur am Meeresniveau, auch am Meeresgrunde ist die Kraft der ozeanischen Fluthen in ununterbrochener Thätigkeit. Man hat Bewegungen des Meeres beobachtet, die über 200 Fuß tief reichten und so mächtig waren, daß sie bedeutende Felsmassen in Stücke zerschlugen und als Trümmergestein auf die Küste warfen. Erscheinungen dieser Art werden unter höheren Breiten namentlich während stürmischer Winter häufig beobachtet. So wurde auf den Shetlandsinseln im Winter 1818 ein Felsblock weggeführt, der 17 Fuß lang, 7 Fuß breit und 2 Fuß 8 Zoll tief war und in einer Entfernung von 30 Fuß von seinem Lager in eine Menge Bruchstücke zerging, von denen einige noch 120 Fuß weit fortgeführt wurden. Diese submarinen Rollsteine sind in gewissen Gegenden Englands eine gewöhnliche Erscheinung, und werden von den Leuchtthurmwärtern „Reisende" genannt (§. 84).

§. 108. Großartiger, als die Zerstörungen von Küsten, sind die **Durchbrüche, welche aus einem Meere in das andere erfolgt sind**, Ereignisse, die im Wesentlichen von den so eben erwähnten nicht verschieden sind, wiewol die Naturkräfte bei manchen derselben vielleicht auf eigenthümliche Art gewirkt haben mögen. Die bedeutendsten dieser Durchbrüche müssen sehr frühen Epochen unsers Erdballs angehören, da ihrer keine Geschichte erwähnt und höchstens dunkle Sagen einige Spuren derselben gerettet haben. Die Tradition gewinnt an Bedeutung, das wirkliche Erfolgtsein solcher Durchbrüche wird um so wahrscheinlicher, wenn es möglich ist, dieselben aus der Natur der Sache herzuleiten, oder wenn der Boden die natürlichen Denkmäler solcher Veränderungen enthält, oder endlich wenn Nachwirkungen

derselben in die historische Zeit hineinreichen, während die Hauptbegebenheit selber einer vorgeschichtlichen angehört.

Zu den merkwürdigsten Ereignissen dieser Art, die auf physischen Gründen und zugleich auf einer aus hohem Alterthum zu uns gelangten Tradition beruhen, gehören die Durchbrüche der Meerenge von Gibraltar und des thrazischen Bosporus. Sie werden von Einigen als abgesonderte Begebenheiten betrachtet, während daß Andere sie in den Zusammenhang von Ursache und Wirkung bringen. Wir wollen zuerst den Durchbruch des thrazischen Bosporus betrachten. Bei den alten Schriftstellern finden sich viele Nachrichten über einen einstigen größeren Umfang des schwarzen, asow'schen und kaspischen Meeres. Zu Homer's Zeiten (um 1000 v. Chr.) hielt man das schwarze Meer für das größte innere Meer, für einen zweiten Ozean, und noch viel später schätzte man seine Größe dem des mittelländischen gleich. Nach Herodot betrug zu seiner Zeit (im 5. Jahrh. v. Chr.) die Länge dieses Meeres über 270, die Breite über 80 geogr. Meilen. Die letztere weicht von der jetzigen wenig ab, aber die Länge so sehr, daß der Unterschied zu groß ist, um ihn aus Irrthum oder der damaligen mangelhaften Schifferkunst erklären zu können. Derselbe Geschichtschreiber setzt den Umfang des asow'schen Meeres dem des schwarzen an Größe gleich, und spätere Schriftsteller geben ihm 250 Q. M., statt daß er jetzt kaum 170 beträgt. Die Größe des Kaspisees bestimmt Herodot zu 225 geogr. Meilen Länge und 120 geogr. Meilen Breite, und der viel spätere Plinius gibt ihm einen Umfang von 500 Meilen. Nach beiden Angaben wäre auch dieser Binnensee früher viel größer gewesen, als jetzt, und da aus dem größeren Umfang ein höherer Wasserstand folgt, so darf man weiter einen früheren Zusammenhang des Kaspisees mit dem asow'schen Meere und dem Aralsee annehmen, welcher letztere jetzt zum Theil nur durch sandige Niederungen von ihm geschieden ist. Herodot scheint den Aralsee nicht gekannt zu haben, da er desselben nirgends erwähnt, und spätere Geographen lassen den Jaxartes und Oxus unmittelbar in das kaspische Meer sich ergießen. Manche andere Nachrichten alter Schriftsteller aus späterer Zeit sprechen von ehemaligen Seen im südl. Rußland, an deren Stelle jetzt blos einzelne Weiher vorhanden sind, von einem großen Sumpfe, den Attila mit seinen Hunnen in den nördlicheren Theilen des Landstrichs zwischen dem schwarzen Meere und dem kaspischen See (wahrscheinlich in der Gegend des Manytsch) durchzogen habe, und der jetzt nicht mehr vorhanden ist, deuten ebenfalls auf einen einstigen größeren Umfang der genannten Meere und demnach auch auf einen höheren Wasserstand derselben. Mit diesen historischen Nachrichten stimmen neue Untersuchungen, welche von angesehenen Physikern in den Gegenden zwischen dem schwarzen und kaspischen Meere, sowie in den Umgebungen des letzteren gemacht worden sind, vollkommen überein, indem aus

ihnen unbezweifelbar hervorgeht, daß jene Gegenden ein alter Meeresboden sind. Die Thatsachen, durch welche diese Behauptung begründet wird, sind folgende: 1) Das Vorhandensein von Steppen vom westlichen Ufer des Kaspisees bis an die Sarpa und vom nördlichen bis zu den Anhöhen von Obtschei-Sirt, westlich von der Stadt Uralskoi. Diese Steppen, die sich noch heute nur wenig über den kaspischen See erheben, bestehen, die Flugsandstrecken ausgenommen, aus einem mit Schlamm verbundenen und mit Muscheln vermengten Sande, der einen gelblichen Lehm bildet, in der Tiefe auf einer Thonlage ruht, aber ohne alle vegetabilische Bedeckung ist, weil sein Salzgehalt dem Entstehen und Wachsen anderer als einiger zerstreut stehender Salzpflanzen hinderlich ist. 2) Die über diese Steppe verbreiteten zahlreichen stagnirenden Seen von Salzwasser, die im Norden des Kaspisees so überaus häufig und auch in dem niedrigen, ehemals vom Meere bedeckten Theile von Taurien gefunden werden. 3) Die in den Sandsteppen verbreiteten Schalen von Muscheln, welche den im Kaspisee lebenden Arten angehören, und nicht den Muschelarten der dortigen Flüsse. 4) Zum Anbinden der Schiffe dienende Ringe, welche bei Baktschiserai einige hundert Fuß über der jetzigen Meeresfläche und am Hämus gefunden wurden. So geht aus diesen Thatsachen mit höchster Wahrscheinlichkeit eine ehemalige Ueberfluthung dieser Gegenden hervor, und die zahlreichen wissenschaftlichen Reisen neuerer Zeit haben uns selbst die Küstenlinie eines Theiles dieses alten Meeres kennen gelehrt. Pallas glaubt, daß die alte Mündung des Don in das ehemals größere asow'sche Meer ungefähr da gewesen sein müsse, wo jetzt der Donez in diesen Strom fällt, oberhalb der Mündung des Manytsch, und wirklich sieht man zwischen Tscherkask und Taganrog eine Anhöhe von Flözkalk sich längs dem Strome ostwärts hinziehen, welche augenscheinlich dort das alte Seeufer war. Weiter östlich findet man an den Nordrändern der niedrigen Steppe eine jähe Erhöhung den Bodens mit steiler, sandiger Böschung, die ebenfalls das ehemalige Ufer gebildet haben muß; denn erst jenseits dieser Ränder zeigen sich Flözlagen ohne Sandbedeckung, während daß an dem Rande selbst ein mit Kalkmasse gebundenes Sandkonglomerat einen ungefähr eine Elle breiten Kranz um das ehemalige Ufer bildet, der mehr als 200 Fuß über die Steppe emporragt und die Erhöhung des ehemaligen Wasserspiegels zu bezeichnen scheint. In der Nähe von Sarepta, wo das hohe Land zurücktritt und einen Busen bildet, finden sich vitriolhaltige Lagen von Schlamm mit Spuren von Schilf und Seemoor, welche gleichfalls das Ufer bezeichnen. Weiter ostwärts setzt Pallas den ehemaligen nördlichsten Uferpunkt des Kaspisees oder die einstige Mündung des Uralflusses fast unter 52° nördl. Br., so daß der vormalige Lauf dieses Flusses und derjenige der Wolga bedeutend kürzer war, als er jetzt ist. Auf solche Weise läßt sich wenigstens in den genauer untersuchten Theilen dieser Gegend

mit ziemlicher Sicherheit die Grenze des ehemaligen Meeres nachweisen, und obige Thatsachen unterstützen mithin vollkommen die zuerst mitgetheilten historischen Nachrichten über den einstigen größeren Umfang und höheren Wasserstand der drei Meere und ihren Zusammenhang unter einander *).

Dieses weite, früher geschlossene Meer empfing eine ungeheure Wassermasse, die ihm aus allen Strömen von der Donau bis zum Amu-Darja (Oxus) und Sir-Darja (Jaxartes) und von allen denjenigen zugeführt wurde, die vom Paropamisus, Kaukasus und Taurus in dasselbe flossen. Es gab nun eine Zeit, wo die nördlichen Gegenden unserer Erde eine Temperatur hatten, welche derjenigen der südlichen weit näher stand, als jetzt; damals genügte die Verdunstung der gesammten Wassermasse, um das hinzuströmende Gewässer zu absorbiren und ihm das Gleichgewicht zu halten. Als dann nach und nach die Abkühlung der Erdoberfläche von den Polen aus sich in die gemäßigten Zonen verbreitete, mußte in Folge der abnehmenden Wärme sich auch die Verdunstung dieses Meeres vermindern, ohne daß der Niederschlag in den Stromgebieten der nördlich liegenden Landschaften, aus denen die größte Wassermasse zufloß, in gleichem Maße abnahm. Das Niveau mußte sich bis zu der Höhe heben, die man für den alten Wasserstand dieses Meeres angibt, und damit war zugleich die Möglichkeit eines Durchbruchs gegeben, der nach der Seite des ägäischen Meeres hin erfolgte. Denn „sobald der hohe Wasserspiegel, schreibt v. Hoff, eine Stelle der Ufer erreicht hatte, die ebenfalls nicht höher war, mußte das Wasser anfangen an dieser Stelle überzufließen; sobald es anfing überzufließen, mußte der Ablauf anfangen, sich ein Bett einzuschneiden (§. 106). Durch dieses Einschneiden wurde der Boden dieses Bettes immer tiefer, es wurde immer mehr Wasser abgeführt und der Wasserspiegel mußte ebenfalls tiefer sinken. Wurden nun vielleicht in dem neuen Bette des Ablaufs Lagen von einer nicht sehr festen Steinart entblößt und angespült, so konnte leicht der auf die Stelle des Ablaufs wirkende ungeheure Druck der Wassermasse auf einmal so beträchtliche Einbrüche in den Boden machen, daß der vorher allmälig stattgefun-

*) Viel früheren Zeiträumen der Erdbildung, als diejenigen sind, von denen hier die Rede ist, gehört die Verbreitung eines Meeres über die ganze niedereuropäische Ebene an, das, nach Ritter's Annahme, den Fuß der Karpathen, des Kaukasus und Ural zu einer Zeit bespült hatte, als sich seine Wasser weder durch die Ostsee noch durch das mittelländische Meer mit einem der äußeren Meere in Verbindung gesetzt hatten, und vielleicht nur längs des Tobol und Obi mit dem nördlichen Polarmeere zusammenhingen. Für eine solche alte Meeresscheidung Asiens und Europas spricht der Umstand, daß der Kaspisee Meerfische und Phoken enthält, die sonst in keinem Binnenmeere vorkommen. Noch jetzt scheint ferner die Bildung des Tieflandes und die Neigung der großen Stromthäler zu beweisen, daß die Gewässer gegen Nordwest und Südost abliefen.

dene Abfluß sich in einen raschen Durchbruch verwandelte und eine Ueberfluthung der vorliegenden Land- und Wasserflächen hervorbrachte, die nicht eher nachlassen konnte, bis der ganze Spiegel der abströmenden Wassersammlung auf dieselbe Höhe herabgesunken war, in welcher sich der Spiegel des vorliegenden ägäischen Meeres unterhalb des Durchbruches befand. Auch die Wirkungen eines Erdbebens oder einer vulkanischen Eruption konnten keine andern sein." Bedenken wir nun, daß vor dem Durchbruch das Meer gegen 30000 Q. M. Oberfläche hatte und an seiner ehemaligen Nordküste etwa 200 Fuß über dem jetzigen Niveau des schwarzen Meeres lag, so begreift man leicht, daß bei einem raschen Durchbruch eine ungeheure Wasserfluth hervorstürzen, gewaltsam gegen die Küsten des ägäischen Meeres anstürmen, die niederen Landschaften verwüsten oder bleibend unter den Wellen begraben und wenigstens auf eine kurze Dauer den Wasserstand des mittelländischen Meeres erhöhen mußte. Die alten griechischen Sagen von Wasserfluthen, die Thessalien und den Peloponnes betroffen haben sollen, mögen sich vielleicht auf diesen Durchbruch des thrazischen Bosporus beziehen. Es ist übrigens sehr wahrscheinlich, daß selbst nach einem erfolgten raschen Durchbruche das Abflußbett noch immer sehr erhöht blieb, daß das abfließende Wasser zur Hervorbringung des jetzigen Wasserstandes noch tiefer in sein Bett eingraben mußte, woraus dann von selbst hervorgeht, daß der Spiegel des abfließenden Meeres Jahrhunderte brauchte, um auf die letzte Tiefe herabzusinken und seinen Umfang so weit zu vermindern, daß zu beiden Seiten des jetzigen Kaspisees die beiden breiten Isthmen entstanden, durch welche das frühere Meer in drei große Massen getrennt wurde. Die nächste Folge dieser Trennung und Verwandlung der niedrigeren Ufer aus Meeresboden in trockenes Land war die Bildung eines fortwährenden ruhigen Stromes, des Bosporus, dessen heutige Gestalt noch deutlich zeigt, daß er durch Ueberfließen und Durchbruch aus dem schwarzen Meere entstanden ist. Er gleicht vollkommen einem ansehnlichen Flusse von kurzem Laufe, seine Breite beträgt am Eingange vom schwarzen Meere ½, und im Innern, wo sie am geringsten ist, ¼ Meile, und seine inneren Winkel sind so gebildet, wie sie nur ein Strom bilden konnte, der vom schwarzen Meere her floß, wie namentlich der Winkel bei Bujukdere zeigt. Es ist ferner die Strömung noch jetzt aus dem schwarzen Meere nach dem Marmorameere gerichtet und bewirkt fortdauernd Küstenveränderungen und Erweiterung des Bosporus; namentlich geben sich auf der europäischen Seite deutliche Spuren von Abreißungen des Landes durch die Fluthen zu erkennen, und es sollen dort einst noch Mauerwerke von einem griechischen Dorfe unter dem Wasser sichtbar gewesen sein. Hieraus wird es erklärlich, daß die von Herodot zu vier Stadien angegebene Breite jetzt über sechs beträgt. Die Erscheinung wiederholt sich im Hellespont, der ganz ähnliche Spuren der Auswaschung zeigt,

und jetzt an der ehemals engsten Stelle drei Stadien breiter ist, als zu Herodot's Zeiten.

Daß das kaspische Meer jetzt 94 Fuß tiefer als das schwarze steht, wird wol daraus zu erklären sein, daß nach der Trennung beider Meere das Becken, welches für das kaspische geblieben war, für die Wolga allein zu groß war, so daß die Verdunstung den Zufluß überwog. Zudem liegt das kaspische Meer in einer Gegend, wo wir, §. 52, die beachtenswerthe Erscheinung des Zusammendrängens der Isothermen von 18° bis 8° gefunden haben. Sein Spiegel mußte folglich sinken, und die Wolga eben in Folge dieses Zurückziehens auf dem neuen Boden ihren Lauf verlängern und sich durch Quellen verstärken, bis beide wieder im Gleichgewicht standen. Auch der Aralsee zeigt deutliche Spuren, daß er von seinem ehemaligen Stande herabgesunken sei, und fast die Hälfte desselben besteht aus Sümpfen, zwischen denen zahllose Inseln liegen. Er konnte aber, da ihm mehrere im Verhältniß zu seinem Umfange sehr bedeutende Zuflüsse von Osten her blieben, nicht so tief als das kaspische Meer sinken. Neuere Untersuchungen geben ihm 117 Fuß Höhe über dem letztern, so daß er auch das schwarze Meer noch um etwas überragt.

Der zweite, oben erwähnte große Meeresdurchbruch, der durch die Straße von Gibraltar, wird von einigen Schriftstellern der Alten, wie auch von einigen neueren, als eine Folge von dem des thrazischen Bosporus und des dadurch überfüllten mittelländischen Meeres dargestellt. Allein es sind physische Gründe vorhanden, welche einen Zusammenhang zwischen beiden Meeresdurchbrüchen als unstatthaft erscheinen lassen. War nämlich das mittelländische Meer vor dem Durchbruch des Bosporus geschlossen, so mußte dasselbe bei dem bekannten Uebergewicht seiner Verdunstung über seinen Zufluß einen niedrigeren Wasserstand gehabt haben als jetzt, wo sein Wasserstand nur durch das Einströmen des atlantischen Ozeans erhalten wird. Durch den Durchbruch des Bosporus konnte daher das Niveau dieses großen Binnenmeeres unmöglich so sehr erhöht werden, daß dadurch jenes Thor zwischen zwei jähen, mächtigen Felsenvorgebirgen hätte entstehen können, welches wir die Straße von Gibraltar nennen. Dennoch ist nicht zu bezweifeln, daß hier ein Durchbruch eine Felsenreihe zerrissen habe, wie denn auch die Sage davon im ganzen Alterthum Glauben gefunden hat. Ob die Begebenheit selbst über alle Menschengeschichte hinaus zu verweisen sei, wird wol nicht auszumitteln sein, dagegen reichen einige Nachwirkungen des Durchbruchs allerdings in die historische Zeit hinein, wie sich aus Folgendem ergibt. Einst soll, einer alten karthagischen Sage zufolge, das Meer in der Straße eine so geringe Tiefe gehabt haben, daß sie nur mit platten Schiffen befahren werden konnte. Andere alte Schriftsteller erwähnen einer breiten Sandbank, die sich in derselben querüber von einem

Kontinent zum andern erstreckt und die man die Schwelle des inneren Meeres genannt habe. Spätere gedenken nur noch einzelner Untiefen, die sich in der Straße befunden haben sollen. Es waren ferner, nach dem Zeugniß des Alterthums, mehrere Inseln in der Meerenge, die jetzt nicht mehr vorhanden sind, so wenig als die Untiefen. Fassen wir nun alle diese Angaben zusammen, so deuten sie unverkennbar auf ein fortwährendes Durchwaschen und Hinwegströmen des Grundes, so daß also jene Inseln und Untiefen als die Ueberbleibsel der ehemaligen, auf dieselbe Weise, wenn auch vielleicht in einer vorhistorischen Zeit, zerstörten Landenge zu betrachten, und im Laufe der Zeit durch unausgesetztes Hinwegströmen und Durchwaschen gänzlich hinweggeräumt worden wären. Eine bis in unsere Tage fortdauernde Nachwirkung des alten Durchbruchs ist die beobachtete allmälige Erweiterung der Straße, wobei der Umstand vorzüglich zu beachten ist, daß die Breite zunimmt, je näher die Bestimmungen an unsere Zeit rücken. Die früheste uns bekannte Ueberlieferung setzt die Breite zu einem Viertel einer geographischen Meile, spätere Angaben zu $^3/_5$, dann zu $^3/_4$, noch spätere (100 Jahre v. Chr.) zu 1 geogr. Meile; im ersten Jahrhundert nach Christo wird sie zu $1\,^1/_2$ geogr. Meilen angegeben, und in unserer Zeit beträgt sie an der engsten Stelle über 2 geogr. Meilen. Daß diese allmälige Erweiterung der Straße nicht ohne Veränderung der beiderseitigen Küsten geschehen konnte, versteht sich von selbst. Für einen ehemaligen Zusammenhang zwischen Europa und Afrika ist endlich auch der Umstand geltend gemacht worden, daß auf dem Felsen von Gibraltar Affen und Zibethkatzen einheimisch sind, Thiere, die unbestritten nach Afrika gehören und sonst kein anderer Theil Europas besitzt. Es kann nun nach Allem dem meines Bedünkens weniger mehr die Frage sein, ob ein Durchbruch wirklich stattgefunden habe, als, von welcher Seite er erfolgt sei. Die Meinung, welche den Durchbruch dem angeschwollenen Wasser des mittelländischen Meeres zuschreibt, ist, wie bereits bemerkt worden, wegen des Mißverhältnisses zwischen Zufluß und Verdunstung, welches einst, als dieses Meer noch von Osten nach Westen verschlossen war, viel größer war als jetzt, nicht stichhaltig; vielmehr sprechen im Gegentheil alle physischen Erscheinungen an Land und Meer für einen Einbruch des Ozeans. Denn der Spiegel des mittelländischen Meeres mußte, so lange es geschlossen blieb, wegen der überwiegenden Verdunstung stets sinken, die Gebirgsmassen, welche es vom atlantischen Ozean trennten, hatten einem immer stärker werdenden einseitigen Drucke Widerstand zu leisten, bis dieselben endlich durchbrochen wurden. Die Gewalt, mit welcher die Sturmfluthen des atlantischen Ozeans die westeuropäischen Küsten anfallen, die Zerstörung, die sie auf vielen Küsten derselben angerichtet haben, sind uns aus einzelnen, §. 107 angeführten Beispielen bekannt. Unmöglich konnte hievon der Ozean an der Stelle, wo einst Europa und Afrika zusam-

menhingen, eine Ausnahme gemacht haben. Dies bestätigen die Betrachtungen, die v. Hoff an die Gestaltung der Straße von Gibraltar knüpft. „Der trichterförmige Vorhof der Straße, sagt er, dessen weiteste Oeffnung vom Kap St. Vincent bis zum weißen Vorgebirge in Marocco reicht, ist ohne Zweifel eine Vertiefung, die sich der Ozean in seine Ostküsten gewühlt hat. Seine Gestalt spricht schon dafür, daß er auf diese Weise entstanden sein muß; die weite Oeffnung des Trichters ist dem Weltmeere zugekehrt, und die Wendungen der sich gegenüberstehenden Ufer korrespondiren mit einander, sowol an der weiten als an der engen Oeffnung des Trichters. Die enge Oeffnung befindet sich gerade an der Stelle, wo die Gebirgskette in Einer Linie von Europa nach Afrika übergeht und blos durch diese Oeffnung unterbrochen wird. Die Gebirgsart der beiden sie einschließenden Landspitzen ist dieselbe. Hinter dieser Bergkette, die vielleicht eine Eintiefung an der Stelle der jetzigen Straße hatte, oder auch durch irgend eine Katastrophe bekommen haben kann, lag der große Binnensee des heutigen Mittelmeeres, und so konnte leicht der Ozean an der Stelle, wo ihm der schmalste Damm entgegenstand, diesen entweder durchbrechen, oder eine entstandene schmale Spalte durchfluthen, oder in die Mündung eines Flusses, sobald das Bett darin erst tief genug eingegraben war, eindringen, und bei einmal erfolgter Verbindung der beiden Wasserbecken endlich die Straße bis zu ihrer heutigen Größe erweitern." Dies ist der wahrscheinlichste Vorgang und zu natürlich, als daß man gerade nöthig hätte, eine Mitwirkung vulkanischer oder anderer Kräfte anzunehmen, obschon dergleichen dabei ebenfalls thätig gewesen sein können. Die Strömung, welche stetsfort aus dem Ozean gegen Osten in das Mittelmeer geht, spricht ebenfalls dafür. Dieser Oststrom, der sich an der engsten Stelle der Straße ungefähr drei Viertel einer geographischen Meile von jeder Küste entfernt hält, also selbst wenigstens eine halbe Meile breit ist, strömt unablässig in gleicher Richtung fort; nichts verändert ihn oder hält ihn auf, weder der Ostwind, noch die Ebbe des Ozeans. Seine Schnelligkeit ist am stärksten, wo die Straße am engsten ist, wo also der erste Durchbruch stattgefunden haben muß, und seine Permanenz gibt den sichersten Beweis, daß das Niveau des Mittelmeeres noch jetzt stets niedriger steht, als das des Ozeans, und früher, aus der wiederholt angegebenen Ursache, noch viel niedriger war, so daß zuletzt der Felsendamm, der das mittelländische Meer schloß, dem einseitigen Drucke vom Ozean her nicht mehr zu widerstehen vermochte.

Nicht auf historischen Berichten, auch auf keiner Sage, sondern lediglich auf physischen Gründen beruht die Annahme, daß eine Landenge in alter Zeit Frankreich mit England verbunden habe und dann von den Meeresfluthen durchbrochen worden sei. Die Gründe, welche v. Hoff für diese Behauptung geltend gemacht hat, stelle ich hier

noch einmal zusammen, obwol sie schon §. 78 angeführt worden sind. 1) An der schmalsten Stelle der jetzigen Meerenge zeigen die einander gegenüber liegenden englischen und französischen Küsten eine genaue Aehnlichkeit in Masse und Form, ebenso die höchsten Felsenhöhen beider Ufer, die gegen Norden und Süden niedriger werden; 2) beide Felsenufer haben eine abgebrochene, steile Form; 3) die Tiefe des Wassers in der Meerenge ist gering und wird in der Richtung nach Norden und Südwesten bedeutender, so daß der Meeresboden einen lang gezogenen Berg bildet, dessen Rücken gerade in der schmalsten Stelle der Meerenge liegt und dessen Seiten sich nach dem Kanal und gegen die große Oeffnung der Nordsee zu sanft verflächen, indem das Meer über dem genannten Rücken 16 bis 28, am westlichen Ausgange des Kanals 80 bis 120 und gegen die norwegische Küste 72 bis 140 Faden Tiefe hat; 4) der höchst unebene, aus zackigen Felsenbänken und Bruchstücken von Felsen bestehende Meeresboden; 5) die sehr geringe Breite dieser Straße; 6) endlich das Dasein von wilden Thieren, Wölfen u. s. w., die in älteren Zeiten in England in Menge gefunden wurden. Diese physischen Gründe haben unstreitig keine geringe Beweiskraft für die angeführte Annahme, und v. Hoff ist der Meinung, daß die Durchbrechung der ehemaligen Landenge nicht von der Seite des Kanals, sondern von derjenigen der Nordsee her erfolgt sei, indem von der ersteren Seite her die Kraft des Ozeans auf einem immer seichter werdenden Grunde schon viel verlieren müsse, während daß sie in dem weiten Busen der Nordsee ungeschwächt bis in seinen tiefsten Hintergrund eindringen könne. Erinnert man sich, daß die Fluthwellen des atlantischen Ozeans um Schottland herum von Norden nach Süden an den Ostküsten von Britannien vordringen, und bedenkt man die bedeutenden Zuflüsse, welche die Nordsee empfängt, so ist sehr wahrscheinlich, daß sie vor dem Durchbruch der Landenge einen erhöhten Stand gehabt habe; es hatte also der Felsendamm einen stärkeren Druck von der Seite des deutschen als des atlantischen Meeres auszuhalten und wird demselben zuletzt bei Sturmfluthen gewichen sein.

Was von dem vermutheten Durchbruch des atlantischen Ozeans in den mexikanischen Meerbusen zu halten sei, ist oben §. 105 erwähnt worden; es ist wol möglich, daß die großen Antillen einst einen absperrenden Damm gebildet haben, der den Fluthen unter Mitwirkung anderer Kräfte gewichen ist in einer Periode, als das große atlantische Meeresthal seine Ausbildung erhalten hatte. Auch die Straße von Bab el Mandeb soll nach einer von arabischen Schriftstellern aufbewahrten Sage einem Durchbruch des indischen Ozeans in das rothe Meer, das einst ein geschlossenes Becken war, sein Dasein verdanken. Wiewol die Tradition an sich wenig Glauben verdient, so ist deshalb das Ereigniß nicht gerade unmöglich. Rings von Wüsten umgeben, von einem Gluthimmel überwölbt, keinen einzigen Strom,

nur Regenbäche aufnehmend, ist der arabische Meerbusen vielleicht das heißeste aller Meere. Wenn daher die Verbindung mit dem indischen Ozean nicht schon von Anfang an vorhanden war, so mußte der Binnensee, für dessen Verlust durch Verdunstung die nur zur Regenzeit angeschwollenen Bäche einen geringen Ersatz geben, sehr rasch sinken und der verschließende Damm dem einseitigen Drucke, den die Fluthen des indischen Ozeans auf ihn ausübten, zuletzt weichen.

Ich will die Beispiele für solche Meeresdurchbrüche nicht vermehren, die angeführten können genügen, um uns zu belehren, daß sich diese Ereignisse zu den Küstenveränderungen durch die allgemeine Wassermasse verhalten wie das Größere zum Kleineren. Mag man auch den Sagen und theilweise historischen Berichten über diese Durchbrüche nur wenig Gewicht beilegen, so sind doch, wie wir gesehen haben, physische Gründe vorhanden, welche solche Vorgänge sehr wahrscheinlich machen, so daß demnach auch das Abreißen Ceylons von Vorderindien, die Entstehung des Sundes, der Behringsstraße, der Meerengen zwischen den Inselketten Ostindiens u. s. w., wenn auch schon von ihnen keine Sage auf uns gekommen ist, keineswegs als unmöglich erscheinen wird, und man muß annehmen, daß dieselben Ursachen, welche die Küstenumrisse der Länder zu verändern vermögen, bei vermehrter Kraft oder in längeren Zeiträumen auch die großen Durchbrüche von einem Meer in's andere bewirken konnten. Zersetzungsprozesse gehen voraus, lockern den Zusammenhang der festen Theile der Erdrinde, und die mechanischen Kraftäußerungen der Meere vollenden, was die chemische Thätigkeit der Luft und des Wassers begonnen. So ist eine seit den ältesten Zeiten fortdauernde Aenderung des großen Meeresbeckens die unausbleibliche Wirkung dieser Kräfte, und nimmt man, wie man berechtigt ist, hiefür große Zeiträume an, so ist man nicht genöthigt, zu anderen Kräften, zu Erdbeben, vulkanischen Eruptionen, Bersten des festen Landes, Einstürzen innerer Höhlen u. dgl. m., seine Zuflucht zu nehmen, welche allerdings in kürzerer Zeit dasselbe ganz oder theilweise zu bewirken vermöchten. Damit soll indeß nicht gesagt sein, daß eine Mitwirkung solcher Ursachen, wenigstens in einzelnen Fällen, ganz und gar abzuweisen sei.

b) Vergrößerung des Uferlandes und Entstehung neuer Inseln.

§. 109. Ist das Niveau der Gesammtmasse des Wassers im Allgemeinen konstant, so ist eine Vergrößerung der Meeresfläche nur möglich, wenn entweder an anderen Punkten das Küstenland durch neue Strandbildungen sich vergrößert, oder der Meeresboden erhöht wird. Das wogende Meer, dessen Einbrüche in das Land wir kennen gelernt haben, trägt an anderen

Stellen selbst wieder zur Vergrößerung des letzteren bei, und wirkt auf diese Weise produktiv. Die vom Meere losgerissenen und zerbröckelten Bestandtheile der Küsten häufen sich nämlich entweder auf dem Grunde an, und dies muß Sandbänke und, eine fortgesetzte Wirkung angenommen, die Entstehung neuer Inseln zur Folge haben, oder das vom Meere Losgerissene und Verschlungene wird an andern Punkten der Küste angeschwemmt, und dies ist der gewöhnlichere Fall. So wird an manchen Orten durch dieses Anschwemmen nicht nur neues Land angesetzt, es werden auch die Mündungen der Ströme durch Barren verstopft, Inseln durch Bildung von Isthmen zu Halbinseln gemacht, oder es entstehen, wenn die Fluth den Kies und Schlamm nur bis in die Nähe der Küste trägt, bloße Untiefen und Sandbänke, die sich durch neue Massen vergrößern und die hinter ihnen liegende Küste gegen Angriffe des Meeres schützen. Die Längenachse dieser Dämme ist stets senkrecht auf die des herrschenden Seewindes, und zwischen ihnen und der Küste liegen Kanäle, Buchten oder Teiche (Lagunen) ruhigen Meeres, das einen unbedeutenden Salzgehalt zeigen wird, wenn sich Flüsse in dasselbe ergießen. — Wenn durch die nagende Kraft des Wassers Küsten einstürzen, oder durch Sturmfluthen große Massen von Schlamm, Sand und Steinen an's Ufer geworfen werden, so liegen in den mächtigen Haufwerken größere Blöcke, Kiesel und feine Theile ohne Ordnung durch einander. Die gleichmäßige Bewegung der Ebbe und Fluth und der gewöhnliche Wellenschlag wirken nachher auf dieselben ein wie Schlemmwerke. Die feinsten schlammigen Massen werden dem tieferen Meere zugeführt und als Mergel und Thonschichten abgelagert; näher der Küste zu folgen Strecken von Sand, und an der Küste selbst bleiben, nach lange fortgesetzter Auswaschung, nur die gröberen Kiesel liegen, die sich durch Rollen und Reibung immer mehr abrunden und neuen Sand liefern. Bei stärker bewegtem Meere wird jede der drei Zonen weiter auswärts geführt, als in ruhigem Wasser, so daß Mergel- und Sandlager oder Sand- und Geröllager wiederholt unter sich abwechseln können. Die Aufeinanderfolge dieser horizontalen oder schwach geneigten Lager von Thon und Sand bildet den Marschboden des Strandes. An seichten Küsten, die bei jeder Ebbe trocken liegen (Watten an der Küste der Nordsee), lagern die Fluthen sehr dünne Straten von Schlamm (Schlick) oder feinem Sand ab, die während der Ebbe sich hinreichend befestigen, um mit den nachfolgenden Straten nicht eine ungetheilte Masse zu bilden. Die Ablagerung erscheint daher in äußerst dünne und deutliche Straten zertheilt, die leicht mit Schieferungsblättern verwechselt werden könnten (Studer). — Eine geringe Menge eines Cementes, das aus den feinsten Theilen der zerriebenen Küstentrümmer herrühren kann, reicht zur Befestigung der losen Schlamm-, Sand- und Geröllmassen hin, und es entstehen hiedurch Gesteinarten, die man Konglo-

merate nennt, zusammengesetzt aus Geröllmassen von Uferfelsarten, ganzen und zertrümmerten Muschelschalen und anderen Bestandtheilen des Strandes. Es sind entweder Sandsteine, die aus Körnern von Quarz bestehen und von denen jede einzelne Schicht in der Regel nur Körner derselben Größe einschließt, oder Thone und Mergel, die unmittelbar in die identischen Ablagerungen des tieferen Grundes übergehen. In nicht geringem Maße tragen, nach Studer, in der Nähe vieler Küsten die kalkigen Gehäuse der Mollusken, Echinodermen und Zoophyten zur Erhöhung des Seegrundes und neuer Strandbildungen bei, und zwar auf doppelte Weise. Zunächst durch ihre Masse selbst, die oft, mit geringer oder ohne fremdartige Beimengung, beträchtliche Lager bildet, indem nicht selten, nach aufgeregtem Meere, der Strand in großer Breite mit Schalen und Seethieren bedeckt ist. An gewissen Küsten Dänemarks können ganze Schiffsladungen von Muschelschalen zum Kalkbrennen weggeführt werden. Austern und andere Geschlechter, die familienweise zusammenwohnen, geben für sich allein klafterdicken Bänken die Entstehung, während die zahlreichen freilebenden Mollusken, die sich in den Sand einbohren, zur Befestigung der Sand- und Thonlager beitragen. So bilden sich fortdauernd Felsarten an den Küsten, jüngste Kalk- und Meersandsteinformationen, die in ihrer Bildung täglich fortschreiten, und dabei üben die kalkigen Schalen als Cement der losen Kiesel, Sandkörner und anderer am Strande liegender Körper den wichtigsten Einfluß aus. Bald naß, bald trocken, vom Wasser beständig bewegt, werden sie zertrümmert und erweicht, und an vielen Stellen geht aus ihnen theils ein klein- und feinkörniger Kalksand, theils ein flüssiger, milchähnlicher oder durch Eisenoxyd gefärbter Kalkleim hervor, der wie ein Mörtel erhärtet. Auch ohne Schalentrümmer wird die Kohäsion durch bloßes Eisenoxyd begünstigt. Es gibt Orte, wo man gleichsam Augenzeuge dieser Neubildungen sein kann, wo dem Beobachter die bedingenden Ursachen, die eigenthümlichen Umstände, welche diese neuen Kalksteine und kalkreichen Sandsteine (Riffsteine) begleiten, nicht entgehen. An diesen Neubildungen, durch welche Länder und Inseln sich vergrößern, lassen sich vom Zerreiblichen an alle Erhärtungsstufen verfolgen. So wird der lose Sand zu Marseille, an der Nordküste Siciliens, an vielen Stellen Kleinasiens, auf der westlichen Seite von Neuholland und an andern Orten, nach und nach in dem Grade hart, daß er nicht allein brauchbar ist, um Räume darin zur Befestigung von Ankertauen auszuweiten, sondern auch als Baumaterial und selbst zu Mühlsteinen benutzt werden kann. Hinsichtlich der Massenbeschaffenheit können, nach Leonhard, manche von diesen neuen Sandsteinen, wie z. B. die der Insel Wight, mit den aus älteren Perioden der Erdbildung abstammenden verglichen werden; sie haben Aehnlichkeit mit den bunten Sandsteinen, die einer sehr frühen Bildungsperiode angehören, sie zeigen, genau wie diese,

das Gebänderte, den streifigen Wechsel rother und weißer Farben. Einige dieser neuen Sandsteine schließen thierische und pflanzliche Ueberreste ein, Muscheln, die aber Glanz, Farbe und Festigkeit in höherem oder geringerem Grade eingebüßt haben und denselben Geschlechtern und Arten angehören, welche noch gegenwärtig im nahen Ozean leben; von Pflanzen finden sich Blätter, Aeste, selbst ganze Baumstämme, Knochen von Hausthieren; und in dem Kalk von Guadeloupe fand man 1804 Scherben von gebrannter Erde, steinerne Beile und andere Werkzeuge der Eingeborenen, sogar Knochen und ganze Gerippe von Menschen; das erste Beispiel von Anthropolithen in ganz festem Gestein. Als Urkunde des jugendlichen Alters dieser neuen Felsengebilde, wenn es nach dem Gesagten noch solcher Zeugnisse bedarf, kann ferner dienen, daß in der neuen Steinbildung im Meere von Helsingör dänische Königsmünzen aus dem 17. Jahrhundert eingeschlossen gefunden worden sind, und daß man 1818 auf der Küste von St. Maura inmitten des neuen Sandsteins ein Bruchstück einer Bombe fand, das vielleicht von dem im J. 1810 hier stattgehabten Gefechte herrührt.

Aelter als diese Uferbildungen, doch nicht den frühesten Bildungsperioden der Erde angehörig, sind diejenigen, welche in manchen Gegenden in verschiedener Höhe über dem Meeresniveau angetroffen werden und die zum Beweise dienen können, daß unter gleichen bedingenden Umständen die Kräfte der Natur von jeher ihre Wirksamkeit auf gleiche oder ähnliche Weise geäußert haben. Es bestehen diese älteren Bildungen, nach Studer, in linearen, bald unterbrochenen, bald durch alle Buchten und Uferbiegungen sich fortziehenden Ablagerungen von Geröllen und Sand mit meist zerbrochenen Muscheln, von feinem Sand und Thon, zum Theil voll Conchylien, die im Uferschlamm leben, oder aus fast reiner Anhäufung mariner Conchylien; nicht selten sitzen noch Balanus am Fels fest, oder derselbe enthält Bohrlöcher von Pholaden mit den Schalen ihrer früheren Bewohner. Solche Ablagerungen sind gefunden worden in Holstein in 150′ Seehöhe; in Schweden 200′ über dem Meere; längs der Küste von Norwegen bis zum Nordkap, dem weißen Meere und bis Spitzbergen; in Großbritannien und Irland, wo sich die Linien des alten Strandes auf 1000′ bis 1400′ Seehöhe erheben; an mehreren Punkten des mittelländischen Meeres, auf den Balearen, auf Sicilien u. s. w.; am deutlichsten längs den Küsten von Chile und Peru, wo drei alte Küsten wahrgenommen werden von 400′, 500′ bis 1300′ über dem Meeresstand; im Patagonenland, wo 7 bis 8 stufenweise aufsteigende Strandlinien zu erkennen sind, und an anderen Orten mehr. Ein Vorrücken und Wachsen der Küsten ist die natürliche Folge dieser Uferbildungen aus älterer und neuerer Zeit, und die Bestimmung der älteren Strandlinien „eröffnet uns, bemerkt Studer, die Aussicht, daß einst für verschiedene Erdperioden die alten Grenzen

der Meere, soweit wenigstens als sie sich über das jetzige Land erstrecken, in rohen Umrissen sich werden herstellen lassen."

Der lose Sand des Meeres dient aber noch zu anderen Gebilden, er wird von demselben auf die Küstenländer geworfen, wodurch die sogenannten Dünen entstehen. Wir treffen sie an fast allen niedrigen Meeresküsten an, mit denen sie ziemlich parallel hinziehen; sie sind Hügel und Hügelreihen von feinem und lockerem Sande, und erreichen, wie wir aus §. 78 wissen, eine Höhe von 20 bis 30, selbst bis 60 und über 100 Fuß. Der Flugsand, der die Dünen bildet, besteht vorzugsweise aus sehr kleinen, eckigen Quarzkörnern, denen nicht selten kleine Glimmertheilchen, Körner von Titaneisen und andere Mineralien beigemengt sind. An hohen und felsigen Ufern ohne tiefe Einbiegungen ist die Dünenbildung unmöglich, weil jede folgende Fluth den Sand wieder hinwegnimmt, den die vorangegangene an den Fuß solcher Ufer gebracht hatte. An flachen Küsten dagegen fällt der von der Fluth herbeigeführte Sand nieder, die Ebbe läßt ihn zurück, und wirken Sonne und Wind einigermaßen dazu, so trocknet er, ehe die folgende Fluth ihn bedeckt. Jetzt führt der Wind das vom Meere begonnene Werk weiter fort, indem er den ganz trockenen und durch die Verdunstung aller salzigen und anderer bindenden Bestandtheile beraubten Sand weiter landeinwärts treibt. Beim ersten, wenn auch noch so schwachen Ansteigen des Bodens bleibt er liegen und erhöht sich nach und nach durch immer neuen hinzugewehten Sand. Bei dieser Entstehungsweise der Dünen begreift man leicht, daß der seewärts liegende Abhang der Dünen sanfter ist, als der gegen das Land gekehrte, der anrückende Sand steigt auf der flacheren Seite aufwärts und rollt, indem er sich gegen den Gipfel hin anhäuft, auf der steileren Seite hinab, wo er vom Winde geschützt ist. Auf diese Weise wird nicht nur die Höhe, sondern auch die Grundfläche der Düne vergrößert, und der letztere Umstand ist es vornehmlich, wodurch das vielen Küstengegenden verderbliche Vorrücken der Dünen bewirkt wird. Die seewärts geneigte Böschung hat eine Neigung von 5° bis 10°, die innere dagegen fällt beinahe konstant mit 30° dem Horizonte zu. In Durchschnitten zeigen die Sandhügel der Dünen deutliche Schichtung, die den beiden Abhängen parallel ist und von der Ungleichheit in der Stärke des Windes herrührt, indem durch denselben bald nur der feinste Sandstaub, bald auch gröbere Körner in Bewegung gesetzt werden. Oft erheben sich zwei bis drei Dünenreihen hinter einander, die sich bald zu einer breiteren Masse vereinigen, bald durch Thäler von einander geschieden sind, indem die herrschenden Seewinde den Sand von der dem Meere am nächsten liegenden Dünenreihe weiter landeinwärts treiben, so daß ein solches Dünensystem oft eine Breite von einer halben bis über eine Meile hat. Die Dünen sind übrigens das Werk von Jahrhunderten; Brémontier hat aus seinen Wahrnehmungen be-

rechnet, daß das Fortschreiten der Dünen in Guyenne jährlich 20 Meter beträgt. Er fand den Sand derselben von der Mündung der Gironde bis zu der des Adour fast ganz aus reinem Quarz bestehend, und von anderen Stoffen fast nichts darin, als einige Körnchen Eisen und Glimmer. Nach seiner Berechnung würden die Dünen in 2000 Jahren Bordeaux erreichen, und es müßte etwas über 4000 Jahre her sein, daß ihre Bildung dort angefangen hat. Die Erscheinung der Dünenbildung wird an den flachen Küsten aller Erdtheile wahrgenommen und beginnt in Europa im biscayischen Meere an den Pyrenäen, von wo sie mit Unterbrechungen, welche von Flüssen und felsigen Gestaden bewirkt werden, an den Westküsten Frankreichs, im Kanal, der Nord- und Ostsee getroffen wird. Wenn alte Dünen durch Gras, Strauchwerk und Holzwuchs fest gebunden sind, so werden sie vom Winde nicht mehr angegriffen. Die Priorei Mimizan und das dabei liegende Dorf sind durch das Vorrücken der Dünen größtentheils zerstört worden; da gelang es Brémontier, dem Verderben Grenzen zu setzen, indem er die Dünenoberfläche mit Baumzweigen bedecken ließ. Der unter solchem Schutze ausgestreute Fichtensaamen keimte bald und nach wenigen Jahren schon hatte man den Einfluß der Winde gebändigt. Die Nerungen des frischen und curischen Haffs an der preußischen Küste sind nichts anderes als solche beholzte Dünen, die sehr alt sein müssen, weil die auf den dortigen großen Sandebenen zerstreut liegenden Geschiebe von scandinavischen Felsarten sich auch auf den Nerungen finden. — In den Steppen des südlichen Rußlands und in der Sandwüste Naryn, zwischen der Wolga und dem Ural, kommen theils bewachsene, theils aus Flugsand bestehende Hügelzüge vor, die man für die alten Dünen des kaspischen und schwarzen Meeres betrachtet, und Studer glaubt, daß das Sandsteinriff, welches mehr als 200 geogr. Meilen weit den am stärksten gegen Osten vorspringenden Theil von Brasilien umzieht, als eine vom Meere überfluthete Düne zu erklären sei. Derselbe Naturforscher äußert die Ansicht, daß, so wie in jetziger Zeit die Verbreitung des Flugsandes durch den Wind ausgedehnte Landstriche mit Sand bedecke, eben so in früheren Perioden vielleicht mehrere Formationen von Sandstein entstanden, oder doch über ihre ursprünglichen Grenzen erweitert worden seien, die, zum Theil von jüngeren Formationen überlagert, sich über Hunderte von Quadratmeilen erstrecken, und durch die Seltenheit oder den gänzlichen Mangel an organischen Ueberresten sich von Ablagerungen ruhender Wasser und Strandbildungen unterscheiden. Studer erinnert hinsichtlich dieser Charaktere an den bunten Sandstein von Deutschland und Frankreich, an den Old red sandstone von England und Schottland, und die Grauwacke der Rheinländer.

Eine Vergrößerung des Uferlandes kann ferner auch ohne Mitwirkung der Meeresfluthen, lediglich durch den Wind zu Stande kommen. Ein

Beispiel hiefür gibt uns die nordwestliche Küste Afrikas. Die beständigen Ostwinde scheinen den feinen Sand der lybischen Wüste mehr und mehr dem westlichen Theile der Sahara zugeführt zu haben, die ganz mit Flugsand bedeckt ist. Er besteht aus durchsichtigen, abgeriebenen Quarzkörnern, die an der Küste von Mogador bis zum grünen Vorgebirge ins Meer hinaus geweht werden, wo sie eine Sandbank gebildet haben, die eine für die Schiffer furchtbare Seeküste mit kreisender Strömung des atlantischen Ozeans bildet.

Eine andere Art der Vergrößerung der Küsten wird endlich durch die von den Gebirgen herabströmenden Flüsse bewirkt. Im Oberlauf reißend und gewaltsam, zerstören sie die Massen, die von ihren Gewässern berührt werden, sie werden losgerissen, mechanisch fortgeführt, indem sie durch die über sie hinrollenden Fluthen vorwärts geschoben werden. Ihr Geschiebe wird immer kleiner, ihr Lauf immer langsamer, und so lagert sich jenes den Mündungen vor, wenn es von den Meeresfluthen nicht fortgeführt wird, und setzt allmälig und ununterbrochen immer neues Land an. „Ein Glas Wasser, sagt Rennell, welches man aus dem Ganges schöpft, wenn sein Wasserstand hoch ist, gibt ungefähr einen Theil Schlamm in vier Theilen Wasser. Man darf sich daher nicht wundern, wenn aus dem Absatz des Wassers rasch eine Schicht Erde entsteht", und auf diese Weise Land angesetzt wird. Es kommt bei diesem Vorgange hauptsächlich auf die Lage der Küste und die Bewegung des Meeres an. Wo Ebbe, Fluth und Strömungen die vorherrschenden Kräfte bei der Vertheilung fortgeschaffter Absätze sind, wird an den Mündungen der Ströme kein Land angesetzt; ist aber die Lage der Küste geschützt, so daß z. B. das mit Kraft gegen sie hin und schwächer zurückströmende Wasser des Meeres den Bodensatz der Flüsse zusammenhält, oder ist das Volumen des Flußwassers so groß, daß es der Ebbe und Fluth und den Strömungen entgegenwirkt und sie ganz oder zum großen Theil aufhebt, so entstehen Meeresdelta, mit deren Bildung allemal eine Bifurkation des Flusses verbunden ist. Während die Küste an den Mündungen vieler Flüsse eine konkave Biegung hat, ist sie dagegen an der Mündung derjenigen, die sich Delta's schaffen, konvex gebogen. Humboldt ist der Ansicht, daß blos da, wo ein solches Hervortreten der Küste erscheine, die Bildung des neuen Landes dem Flusse zuzuschreiben sei, daß man dagegen da, wo es sich nicht zeige, und dennoch Zertheilung des Hauptstromes in der Niederung und also der Figur nach auch ein Delta vorhanden sei, dieses niedrige Land für eine ältere durch das Meer allein bewirkte Anschwemmung halten müsse, in welcher der Fluß sich blos wegen des geringen Falles dieses ebenen Bodens verästet habe. Nach Ritter zeigen 14 Hauptwassersysteme der Erde Deltabildung, und die bedeutendsten derselben sind die Delta des Ganges, Indus, Euphrat, Nil, der dieser

Küstenformation den Namen gegeben hat, des Po, der Rhone, des Rhein, der Donau, des Missisippi und Maranhon. Das des Ganges ist vielleicht das größte aller Delta's; hier vereinigen sich alle Umstände, die Bildung zu begünstigen. Vom höchsten Gebirge der Erde fließt in vielen tausend Rinnsalen das Gewässer dem Punkte zu, wo der mit dem Ganges vereinigte Burremputer die Nordspitze des bengalischen Meerbusens trifft, dessen Wellenschlag bei den herrschenden Südwinden in die 100 Mündungsarme des Flusses eindringt, der zur trockenen Jahreszeit in einer Sekunde 80000 Kubikfuß Wasser, während der Regenzeit wol das Dreifache ergießt. Die gegen einander gerichteten Fluthen des Flusses und des Meerbusens verursachen einen Niederschlag der mitgeführten Massen, welche an dem Punkt, wo sich beide Fluthen begegnen, festgehalten und abgesetzt werden. So kommt es, daß das Delta 40 Meilen oberhalb der jetzigen Mündungen beginnt, und daß die unzähligen sich abzweigenden und wieder vereinigenden Arme theils fruchtbare Inseln, theils sumpfige Wälder voller Raubthiere, Krokodile und Schlangen bilden. Das konvex gekrümmte Gestade China's an der Stelle, wo die beiden Ströme Hoangho und Jantsekiang ihre durch Seitenarme und künstliche Kanalisation vereinigten Mündungen haben, ist zwar kein Delta zu nennen, dennoch aber das Produkt dieser werkthätigen Ströme, und die Insel Tsong-Ming, welche Marco Polo's vor 500 Jahren gefertigte Karte nicht enthält, scheint seit dieser Zeit durch den Sand und Schlamm beider Flüsse entstanden zu sein.

Berücksichtigen wir nun die Eroberungen, die theils das Meer auf Kosten des Landes, theils das Land auf Kosten des Meeres macht, außerdem die Wirksamkeit der atmosphärischen und Landgewässer, wodurch die Flachküsten in's Meer vorgeschoben werden, so folgt daraus, daß im Laufe der Jahrtausende eine stete Abwechselung von Land und Meer stattfinden muß, daß jetzt Millionen Menschen in Ländern wohnen, wo sonst tiefes Meer war, und in vormals von Menschen bewohnten Gegenden jetzt die Schiffe Anker werfen, und daß endlich eine in den frühesten Zeiten der Erde entworfene genaue Karte in Beziehung auf die Küstenumrisse jetzt erheblich von der wirklichen Gestalt abweichen müßte.

§. 110. Neue Inseln entstehen entweder durch Anhäufung der von den Küsten losgerissenen Bestandtheile auf dem Grunde (§. 109), oder durch vulkanische Kräfte, oder endlich durch Korallenthiere (§. 105). Von der Entstehung neuer Inseln durch vulkanische Kräfte wird näher gehandelt werden, wenn von der Vulkanität überhaupt und der durch sie auf der Erdoberfläche hervorgebrachten Veränderungen die Rede sein wird, und es bleibt somit hier nur die Betrachtung derjenigen Inseln übrig, welche durch den Bau der Madreporen vom Grunde des Meeres bis zum Niveau desselben aufgeführt werden, und die besonders in der heißen Zone und ihrer

nächsten Nachbarschaft ungefähr bis 34° der Breite die Südsee und das indische Meer in großer Menge aufzuweisen hat. Nach den Untersuchungen der §. 105 genannten Naturforscher hat Hoffmann eine Beschreibung dieser Inseln geliefert, welcher ich der Hauptsache nach folge.

Die meisten der Korallenriffe, welche in den Tropengegenden der genannten Meere zerstreut liegen, zeigen eine ausgezeichnet ringförmige, nahe kreisrunde oder ovale Gestalt. Indem sie einen Damm von mehr oder minder, meist nur geringer Breite bilden, erheben sie sich durch allmäliges Wachsthum bis an die Oberfläche der Wassermasse. Ist das Gebäude bis an die Linie der Ebbehöhe hinaufgestiegen, so arbeiten die Thiere nicht weiter aufwärts. Dann brandet das Meer gegen den ihm entgegengestellten Damm, welcher sich nun nur noch durch Breite zu vergrößern trachtet, es nagt an der Zusammensetzung desselben, reißt große Blöcke von dem aus den Polypengehäusen gebildeten Gestein los und rollt sie auf der Oberfläche der Dämme zusammen. Stürme wühlen Sand und Schlamm, mehr oder minder zerriebene Muschelschalen, Fischknochen, Brocken von anderen Seethiergehäusen, Echinusstacheln u. dgl. vom Meeresgrunde auf und werfen diese Substanzen nebst Tang in die Zwischenräume der Blöcke, welche dadurch in ihrer aufgehäuften Lage befestigt werden. Das Ganze verkittet sich endlich unter dem Einfluß der brennend heißen Sonne und vermittelst des bindenden Kalksandes zu einer zusammenhängenden Masse, und so erheben sich denn an einzelnen Stellen über dem Riff niedrige feststehende Inselstücke, wie sie der Zufall zusammenführt. Hat sich eine solche Insel hinlänglich vergrößert, so siedeln sich auch organische Wesen auf ihrer Oberfläche an, Meergewächse fassen Wurzel auf ihr, das Wasser wirft die in ihm umherschwimmenden Pflanzensamen, von denen manche sehr lange keimfähig sind, und Baumstämme an die Küsten, viele derselben, und unter ihnen ganz besonders die Kokuspalme, Pandanus, Brodfrucht, Pisang u. s. w. beginnen zu keimen, schlagen Wurzel und bekleiden die nackten, blendend weißen Korallenfelsen mit ihrem wohlthätigen Grün. Mit ihnen kommen kleine Thiere, wie Eidechsen, Insekten u. s. w. hinübergeschwommen, Landvögel, vom Sturm verschlagen oder verirrt, Seevögel nisten am Strande, und so bringt jede hohe Fluth und noch mehr Winde neuen Zuwachs. „Ganz spät, wie Chamisso sagt, nachdem die Schöpfung längst geschehen, findet sich auch der Mensch ein, schlägt seine Hütte auf der fruchtbaren Erde auf, welche durch Verwesung der Baumblätter entstanden, und nennt sich Herr und Besitzer dieser Welt."

Man bemerkt in der Art, wie die Ausbildung der Koralleninseln vorgeht, unerwartet einen merkwürdigen Zug der Gesetzmäßigkeit. Die Inselbildung geschieht nämlich auf der Oberfläche der Riffe zuerst an der Seite, welche der vorherrschenden Windrichtung entgegensteht, und es ist daher eine allge-

mein beobachtete Thatsache, daß in der Tropenzone des großen Ozeans, welche unter dem Einflusse der Passatwinde liegt, die Ostseiten der Korallenriffe stets der Oberfläche am nächsten liegen, und so einen scheinbar nur halb vollendeten Ring bilden. Oft ist an dieser Seite schon eine Reihe bewohnter Inseln vollendet, und besonders pflegen die an der nordöstlichen und südöstlichen Ecke stehenden, welche den Einflüssen einer doppelten Brandung ausgesetzt sind, sich durch Höhe und Umfang auszuzeichnen. Das verbindende Riff zeigt sich zwischen ihnen zur Zeit der Ebbe mehr oder minder zusammenhängend, wie eine Kunststraße aus dem Meere hervorragend. Auf der gegenüber liegenden Westseite aber bleibt in solchen Fällen oft noch der ganze Korallenbau unter Wasser, und zwischen einzelnen höher hervorragenden Stellen sind oft breite Lücken befindlich, welche 20—30 Fuß und mehr Tiefe zeigen. Hat sich indeß einmal dies Verhältniß des Anbaues bis zu einem gewissen Grade gestaltet, so sondert das neu aufgebaute Korallriff eine mehr oder minder vollkommen geschlossene Lagune von der Wassermasse des Ozeans. Diese Lagune nimmt an den Bewegungen des Meeres nicht Theil, sie ist still und spiegelglatt, während daß auswärts des Ringes die Brandung anschlägt, und sie ist es um so mehr, da sie windwärts durch die neu emporgestiegene Reihe mit Wald bedeckter Inseln geschützt wird. An dem nach hieher gekehrten Ufer ist es daher auch, an welchem sich vorzugsweise auf diesen niederen Inseln Menschen festsetzen, hieher wuchern auch besonders die zarten Korallenthiere, welchen der Andrang der Wogen sich nicht zu entwickeln gestattet. Das Innere dieser Lagunen ist oft durch zahlreiche, meist von Korallen gebaute Untiefen besetzt, und die tiefsten Sondirungen betragen selten mehr als 20—30 und 38 Faden; in geringer Entfernung von dem äußeren Saume aber ist die Tiefe gewöhnlich außerordentlich rasch zunehmend und wird bald unergründlich. Alle diese Eigenschaften machen begreiflich auch das Innere der Lagunen sehr geeignet, den Schiffen als sichere Ankerplätze, als Schutzhäfen bei Stürmen zu dienen. In dem Zustande ihrer vollkommensten Ausbildung geht den Koralleninseln indeß auch diese ihnen so charakteristische Lagunenbildung ab, indem das sturmgeschützte innere Becken durch das geschäftige Fortbauen der Korallenthiere allmälig erfüllt wird, und so sehen wir denn zuletzt sich eine einzige Insel als eine niedere ebene Fläche bilden, welche in ihrer Mitte eine schwache, meist mit zusammengeführtem Regenwasser erfüllte Senkung hat. Solche Beispiele sind im großen Ozean nicht selten; da indeß solche Inseln selten mehr als 2—3 Fuß über dem hohen Wasserstande des Meeres vorragen, so sind ihre Bewohner leicht großer Gefahr ausgesetzt, wenn die Fluth ungewöhnlich hoch ansteigt. Die Bevölkerung solcher Inseln ist daher auch gewöhnlich nur sehr unbedeutend, und minder fröhlich und kräftig, als auf

den hohen Inseln, wo die Bedingungen des Wohllebens zahlreicher, und die Sicherheit eines ungestörten Ausbreitens größer ist.

Einzig das Zusammenvorkommen dieser Inseln in den verschiedenen Stufen ihrer Entwickelung macht es der Beobachtung möglich, den Vorgang bei dieser Inselbildung zu erkennen, weil die Aussagen über Wahrnehmungen von Veränderungen der Meerestiefen, Zuwachsen von Kanälen, Häfen u. s. w. durch das Fortschreiten der Korallenbildung als unzuverlässig und historisch unbeglaubigt zu betrachten sind. Vielmehr geht das Fortwachsen der Korallengehäuse mit einer gewöhnlich ganz ungeahnten Langsamkeit vor sich, und es ist niemals unter unsern Augen eine Koralleninsel aus einem Zustande der Ausbildung in den andern übergetreten, Jahrtausende sind dazu erforderlich, — hat ja die Natur zu ihren Bildungen Zeit genug zu verwenden! Geognostisch überaus merkwürdig ist die Beobachtung, daß der von den Korallen gebildete Stein, wenn die Thiere in ihm abgestorben sind, ganz den Charakter des älteren Sekundär-Kalksteins annimmt. Die hohlen Zellen, welche die abgestorbenen Thierchen zurücklassen, erfüllen sich allmälig mit zusammengesinterter fester Kalkmasse, und der ganze Stein wird gleichförmig fest, hart und klingend unter dem Hammerschlag, besonders da, wo ihn die Sonne gedörrt hat. Auch sollen diese Steinmassen der Korallenbildungen alle geschichtet sein, wenn gleich sie freilich zum Theil in Bänke von ansehnlicher Mächtigkeit getrennt erscheinen.

Was ist nun aber die Ursache der angeführten Regelmäßigkeit in dem Bau der Koralleninseln? Forster erblickte darin den Ausdruck eines Naturtriebes, einer instinktartigen Neigung, durch welche in einem Meere, in welchem die Winde beständig aus einer Richtung wehen, die Korallenthierchen ihre Behausung vor den Wirkungen desselben zu sichern streben. Allein die Annahme, daß Millionen von Thierchen, auf einer so niedern Stufe der Organisation stehend, nach einem gemeinsamen tief eingreifenden Plane bauen, ist um so unwahrscheinlicher, da dieselben Thierchen in der Nähe der Küsten Riffe bauen, bei welchen dieser Grundsatz gar nicht befolgt ist. Der oben erwähnte Umstand, daß der Ozean an den äußeren Seiten einzelner Inseln oder ganzer Gruppen eine unergründete Tiefe zeigt, aus welcher der Korallenbau fast senkrecht emporzusteigen scheint, hat auf eine naturgemäßere Ansicht von der Thätigkeit dieser Thierchen geführt. Zwar nahm man gerade deshalb früher an, daß die Madreporen aus den größten Tiefen heraufbauen, und hat mit Verwunderung den erstaunenswürdigen Bau der kleinsten lebenden Geschöpfe in dieser Voraussetzung betrachtet. Allein aus neueren Beobachtungen geht hervor, daß insbesondere die lebhaft gefärbten Thiere der Asträen, Cariophylläen und Mäandrinen zur Erlangung ihrer Farben des Lichtes bedürfen, woraus folgt, daß sie ihren Bau in keinen großen Tiefen anfangen können, daß vielmehr an den Stellen,

wo jetzt Koralleninseln sind, schon vor Anfang ihrer Bildung Untiefen oder Erhöhungen im Ozean vorhanden gewesen sein müssen. Weil aber in der Regel das Meer am äußeren Rand der Koralleninseln eine so außerordentliche Tiefe hat, so läßt dies auf eine eigenthümliche Beschaffenheit jener Erhöhungen schließen, sie müssen aus großer Tiefe sehr steil bis zu einer Höhe emporsteigen, wo die Madreporen ihre Thätigkeit beginnen können. Berücksichtigt man den Umstand, daß die Zone des großen Ozeans, wo Koralleninseln erscheinen, zwischen denselben sehr viel theils thätige, theils erloschene Vulkane enthält, daß bei mehreren Koralleninseln wahrgenommen wurde, daß ihre Masse auf Basaltgestein ruht, und daß manche dieser Inseln oft von Erdbeben erschüttert werden; so liegt die Vermuthung nahe, daß jene Untiefen kaum etwas anderes sein können, als alte Krater. Daraus läßt sich die kreisförmige Bildung der Riffe, Inseln und Inselgruppen der Korallen sehr einfach erklären, und es liefern uns in diesem Falle, wie man sieht, diese Gebilde einen nicht unerheblichen Beitrag zur Kenntniß des Meeresgrundes. Der ausgezeichnete Seefahrer Beechey hat durch Sondirungen nicht nur den Durchschnitt einer Koralleninsel gegeben, aus welchem sich im Verein mit den Tiefenverhältnissen ergibt, daß dieselbe auf dem Gipfel eines steil abfallenden Kegelberges ruht, der in der Mitte eine kraterförmige Vertiefung trägt, sondern wir verdanken ihm auch das Bild eines Archipelagus (Gambiers-Gruppe), bei welchem das Ganze durch einen Korallenring in weiter Entfernung umschlossen wird, aus dessen weiter Lagune sich einige hochaufsteigende Lavafelsen erheben, ganz ähnlich wie sie bei der Kameni im Golf von Santorin liegen. Der weite Korallenring bezeichnet, nach Beechey, die Scheitelkante einer gewaltigen Caldera, die unter dem Niveau des Meeres zurückgeblieben ist. Es scheint somit keinem Zweifel mehr zu unterliegen, daß die Madreporen ihren Korallenbau auf submaritimen erloschenen Vulkanen und Erhebungskratern aufgeführt haben und auch in Zukunft aufführen werden. Der Umstand endlich, daß die Korallenringe in gewissen auffallend scharf angedeuteten Linien hinter einander liegen, scheint ebenfalls für die so eben geäußerte Ansicht zu sprechen; denn ebenso pflegen auch die Reihen der auf einer und derselben großen Hauptspalte stehenden Vulkaninseln zu liegen, und zwar beziehen sich diese Linien entweder geradezu auf einen großen in der Nähe liegenden Vulkan, wie um Otaheiti, Hawai und Terra del Spirito santo, wo diese Ringe die kleineren Eruptionskegel an den Abhängen repräsentiren, oder sie stellen auch wol eine Reihe selbständiger größerer Vulkane dar. Dieses letztere Verhältniß zeigt sich am vollkommensten ausgedrückt in der Inselgruppe der Maladiven, die aus einer Kette meist länglicher Korallenringe bestehen, deren größte den ungeheuren Durchmesser von 9 bis 10 Meilen haben; die Lagunen in ihrem Inneren sind in der Regel 15 bis 20 Faden tief, in den

Kanälen zwischen den Inseln aber nimmt die Tiefe gewöhnlich sehr rasch zu und oft konnte man sehr bald schon mit 150 Faden Tiefe keinen Grund finden. Diese Inselreihe, welche eine Längenausdehnung von 180 Meilen hat, wird im Norden übrigens noch um etwa 4 Breitengrade durch die ganz ähnlich gebildete Kette der Lakadiven fortgesetzt, und im Süden bis zu etwa 8° Breite durch die Chagosinseln, welche sämmtlich von Hufeisenform und der herrschenden Moussonsrichtung wegen gegen Nordwest geöffnet, den Schiffern zum Theil ganz vorzügliche Schutzhäfen darbieten. (Völter.)

2.

Veränderungen auf der Oberfläche der Kontinente.

§. 111. Ich beginne die große Reihe dieser Veränderungen mit denjenigen, welche durch die zerstörende und fortschaffende Kraft der Winde hervorgebracht werden. Wir haben schon §. 64 die Gewalt der Winde, namentlich derjenigen zwischen den Tropen, kennen gelernt und gesehen, wie durch dieselben feste, steinerne Gebäude zertrümmert, die dicksten Bäume geknickt oder entwurzelt, schwer belastete Schiffe auf das Land geworfen werden; hier aber haben wir die Wirkungen desselben kennen zu lernen, durch welche die Gestalt der festen Theile der Erdoberfläche verändert wird. Die Felsmassen hoher Gipfel und Bergrücken erhalten sich in vielen Fällen nur dadurch nackt, daß alle aufgelockerten Theile, in welchen die Vegetation Fuß fassen könnte, oft auch der schützende Schnee durch den Wind weggeführt und nach tieferen Thalgründen getragen wird. Es ist die heftige Bora, welche die Plateaufläche des Karst über Triest wie rein fegt; es ist großentheils der Mistral, der, nach Ausrottung der Wälder, die Kalkgebirge bei Toulon und eines großen Theils der Provence von aller Dammerde entblößt hat; ebenso ist es, nach vieljährigen Beobachtungen, vorzüglich den heftigen Winden zuzuschreiben, daß die Ruine des Torre del Filosofo auf dem Aetna nicht längst schon von dem Sand und der Asche der seit 2000 Jahren auf seine Umgegend gefallenen Auswürfe eingehüllt worden ist, und derselbe Einfluß hat auch überhaupt die oberen Gehänge der Aetnamasse meist bis auf das nackte Gestein bloß gelegt (Studer). Diese mechanische Wirkung der Winde durch Stoß bereitet dann die aller Decke entblößten Felsmassen auf die chemischen Einflüsse der Luft und des atmosphärischen Wassers vor. Die Luft entzieht ihnen entweder gewisse Theile ihrer Mischung, oder sie gibt einen Theil ihres Sauerstoffgehaltes ab. Dadurch büßen die entblößten Felsmassen, je nach ihrer Beschaffenheit, in höherem oder geringerem Grade ihre Festigkeit ein, sie werden mürbe und auf vielerlei Weise umgewandelt. Die aufgelockerten und losgerissenen Theile füh-

ren Winde und Wasser fort, und in Folge steter Wiederholungen solcher Wirkungen müssen Berge und Gebirge allmälig niedriger werden, eine Erscheinung, die zwar, seitdem Menschen beobachtet haben, stets fast unmerklich gewesen ist, für welche wir aber in der Natur doch, wie wir nachher sehen werden, einige sprechende Beweise finden.

Merklicher äußern sich die Wirkungen der Winde auf den Flugsand, besonders in den Wüsten, in denen er sich in ungeheurer Menge angehäuft findet. In den östlichen Theilen der großen afrikanischen Wüste herrschen fast neun Monate im Jahr Nordwestwinde, im westlichen dagegen ist den größten Theil des Jahres der Nordostpassat herrschend. Dort erfolgt ein immerwährendes Fortrücken der Sandmasse gegen Südost und es ist eine bekannte Thatsache, daß sie auf diese Weise und in dieser Richtung gegen das Nilthal vorrückt, die Anhöhen, welche die lybische Wüste von Aegypten trennen, übersteigt und die dortige Gegend allmälig immer mehr überdeckt. In Mittel- und Oberägypten liegen die Ruinen alter Städte unter diesem Sande begraben, aus welchem nur die Spitzen derselben hervorragen, und der Tempel von Thebä steckt 20 Fuß tief in demselben; von Cairo bis Syrien sieht man die Spitzen der verödeten Wohnungen einzeln aus dem Sande hervorragen, und am Ufer des Delta's werden die Palmbäume stets mehr darin begraben; die Provinz Fayoum, die Gegend von Derr in Nubien liefern weitere Beispiele von diesem Vorrücken des Sandes durch den Wind. In dem westlichen Theile der Wüste treibt der herrschende Nordostpassat den Flugsand fortwährend gegen die Westküste, die dadurch vergrößert wird und in den atlantischen Ozean vorrückt (§. 109), so daß deshalb schon mehrere ehemalige Flüsse, deren Mündungen der Sand verstopft hat, aufgehört haben sich in das Meer zu ergießen. Auch gegen Nordost nach dem mittelländischen Meere zu dringt das Sandmeer in den Gegenden vor, wo keine Gebirge demselben entgegentreten, und selbst die Gegend im Süden der Wüste soll an Versandung leiden. So wird es begreiflich, daß der zwischen Aegypten und der Westhälfte der Wüste liegende Theil derselben derjenige sein muß, der den wenigsten Flugsand hat. Die Erscheinung des Anhäufens von Sand an der Westküste veranlaßt v. Hoff zu der Aeußerung, daß die Bildung der afrikanischen Sandwüste nicht ein beendigter, sondern ein noch fortdauernder Hergang sei, bewirkt durch Kräfte, die man noch täglich wirken sehe, und er erklärt den Umstand, daß die westliche Hälfte der Wüste ein wahres Meer von Flugsand ist, dadurch, daß sie immerfort neuen Zuwachs von Sand aus dem Meere erhalte, und wahrscheinlich dessen mehr, als durch den Wind fortgetragen werde. Aehnliche Erscheinungen, wie die eben erwähnten, kommen auch in andern Gegenden der Erde vor, z. B. in der chinesischen Gobi, deren östliche und höhere Gegenden mit groben Kieseln verschiedener Art bedeckt sind, während die

Einsenkungen und der westlichere Theil weite Sandmeere darstellen, ferner in Beludschistan und Afghanistan, aus welchen Gegenden unzählige alte Sagen von Ueberdeckung der Landschaft mit Sandwellen bestehen, endlich am Indus, in Arabien, Syrien und selbst in Europa. In Niederbretagne bei St. Paul de Leon ist eine noch bis 1666 bewohnte fruchtbare Ebene von mehr als 6 franz. Meilen durch den Wind mit 20 Fuß hohem Sand verschüttet worden, welcher stets höher wird, weiter vorrückt und der Stadt selbst gefährlich zu werden droht; auch dort sieht man Thurmspitzen und Schornsteine überschütteter Oerter aus dem Sande hervorragen. In Irland zeigt sich das nämliche Phänomen, nur in geringerem Grade.

So werden in manchen Gegenden durch die Winde, die den Flugsand heben und ihn mit sich fortführen, große Veränderungen hervorgebracht. Wenn man übrigens liest, daß der Wind den Flugsand der Wüsten wie Berge vor sich her wälze, so ist dies nicht wörtlich zu verstehen; die Menschen und Thiere, deren Gerippe in der westlichen Sahara und Gobi unter Sandhügeln gefunden wurden, sind nicht lebendig unter denselben begraben worden, sie verschmachteten vor Hitze und Durst, ihre Leichname boten einen Anhaltspunkt für den Sand, der sich über ihnen anhäufte, ein Vorgang, der demjenigen bei der Dünenbildung ähnlich ist.

Es sei gestattet, hier noch das eigenthümliche Tönen des Sandes am Sinai zu erwähnen, welches vernommen wird, wenn derselbe durch Winde oder durch Fußtritte in Bewegung gesetzt wird. Unmittelbar vom Meerbusen von Suez erhebt sich längs der Ostküste ein niedriges Sandsteingebirge. Drei Stunden von Tor, am Sinai, hat der ungefähr 150 Fuß hohe Bergrücken einen steilen Abfall gegen die Küste, der von einem tiefen, groben und ungewöhnlich trockenen Sandfelde bis zu seinem Gipfel bedeckt ist, wo sich durch die Verwitterung des Gesteins der Sand beständig erneuert. Der Bergrücken bildet gegen das Meer hin ein offenes, amphitheatralisches Thal. An diesem Abfall läßt sich zuweilen ein auffallendes, sehr durchdringendes Getöse vernehmen. Seetzen hat im J. 1810 zuerst auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, und Ehrenberg, der im J. 1823 ebenfalls den wunderbaren Ort besuchte, hat die von Seetzen gegebene Erklärung dieses Phänomens, nach welcher das Herabrutschen des groben Sandes die Ursache ist, bestätigt. Er stieg in dem sich steil von der Küste aus erhebenden tiefen Sande bis zum Gipfel des Berges. Jeder Fußtritt von ihm und seinem Begleiter erregte durch den in Bewegung gesetzten Sand ein partielles Geräusch, welches nur an Dauer und Intensität von dem verschieden war, das sich später hören ließ, wenn das fortdauernde Hinaufsteigen eine größere Sandmasse zum Herabrutschen gebracht hatte. Mit einem leisen Rauschen anfangend, ging es allmälig in ein Murmeln, Summen und zuletzt in ein Dröhnen von solcher Heftigkeit über, daß man es mit einem fernen Kano-

nendonner hätte vergleichen können, wenn es nicht anhaltender und gleichförmiger gewesen wäre. Ebenso successiv, wie es entstanden war, verschwand es auch wieder an den verschiedenen Punkten, wenn nach einiger Zeit der Sand zur Ruhe kam (Walchner).

§. 112. Von mannigfaltigerer Art sind die Veränderungen, die durch das atmosphärische Wasser und durch Flüsse und Ströme erzeugt werden. Es ist §. 106 gezeigt worden, daß das Wasser eines der Mittel ist, deren sich die Natur zur Zersetzung und Auflösung der Felsmassen bedient, und ähnlich, wenn schon langsamer, wirkt auch der unmittelbare Einfluß der Atmosphäre. Felsflächen, welche durch keinerlei schützende Hülle gedeckt sind, werden durch den Wechsel von Nässe und Trockenheit, durch Thau und Reif, den schmelzenden Schnee, durch Regengüsse mehr oder weniger, schneller oder langsamer angegriffen, je nach der Beschaffenheit der Felsart. Die Veränderungen, welche hervorgebracht werden, sind von mannigfacher Art. Es entstehen Oxydationen, wodurch die Farbe der Felsart geändert wird; so werden z. B. dunkle, durch Kohle gefärbte Kalksteine gebleicht, weil ihr Kohlengehalt durch Bildung von Kohlensäure entfernt wird, Gneise und Glimmerschiefer, die vielen fein eingesprengten Eisenkies enthalten, werden oft an der Außenfläche so gleichförmig roth gefärbt, als ob sie mit dicker Farbe bemalt wären, die Tafeln der schiefrigen oder dünn geschichteten Macignosandsteine der Alpen und des Apennin sind öfters mit einem mehrere Linien bis Zoll breiten braunrothen Rande umgeben, der an dem inneren dunkelgrauen Gestein scharf abschneidet, dichte dolomitische Kalksteine bedecken sich in den Alpen mit einem strohgelben, staubigen Anflug, der aus etwas eisenschüssigem Dolomit zu bestehen scheint (Studer). Gehen aber wesentliche Bestandtheile der Felsen unter den genannten Einflüssen neue Verbindungen ein, so erscheinen sie entweder an geschützten Stellen als Ausblühungen (Efflorescenzen), wie Salpeter, Alaun oder Bittersalze u. s. w., oder sie werden von dem atmosphärischen Wasser als auflösliche Salze oder als lose Erde weggeführt, oder endlich sie bilden eine oft klafterhohe Decke von Sand, Grus, Thon oder epigenirten, festen Mineralsubstanzen und bekleiden als Verwitterungsprodukt den ursprünglichen Fels, den sie alsdann zum Theil vor dem Fortgange der Zerstörung schützen. Durch die Verwitterung werden ferner, nach Studer, horizontale Absonderungen zu weit klaffenden Spalten mit gerundeten Kanten, vertikale Klüfte erweitern sich bis zu Engpässen und gewinnen zuletzt das Uebergewicht über die feste Masse, ausgedehnte Flächen endlich vertiefen sich. Eine der einflußreichsten Ursachen der Zerstörungen durch Verwitterung in Gebirgen ist der Wechsel von Frost und Aufthauen. Wasser, welches in die Spalten und Poren, oder zwischen die Ablösungen und Absonderungen der Schichten eindrang und daselbst gefror, zerreißt durch seine Expansivkraft (§. 75) die festesten

33

Massen, hält jedoch, so lange es im Erstarrungszustande verbleibt, einem Bindemittel gleich das Zertrümmerte zusammen; erst nachdem das Eis zu Wasser geworden, zerfallen, dem Gesetz der Schwere Folge leistend, die getrennten Theile, und zwar stark zerspaltene Kalksteine und Dolomite in eckige Trümmer, Granite und andere körnige Steinarten in Grus, Sandsteine in Sand, und der größte Theil der Trümmer, die oft von gewaltiger Größe sind und sich fortwährend am Fuß der Felswände anhäufen, wird nur durch den Frost vom Stammfels losgesprengt. Im Himalaya sind diese Erscheinungen wahrhaft furchtbar. Die Pässe in der Nähe der Gangesquellen, 16000 Fuß über dem Meeresniveau, liegen zwischen gewaltigen Bergen; hier sprengt der Frost ohne Unterlaß Felsstücke los, die zum Theil von gewaltiger Größe sind, niedergestürzte Gesteintrümmer machen Grund und Boden jener Pässe aus, und mühsam, in steter Gefahr, schreitet der Wanderer darüber hin. Aehnlichen Erscheinungen begegnen wir in den Alpen, wo man z. B. am nördlichen Fuße des äußeren Eiger Haufwerke antrifft, die von den durch den Frost zerstörten oberen Felsgebilden herrühren. Von allen Gefahren, die in den Alpen drohen, wird das Herabfallen von Steintrümmern, als die am häufigsten vorkommende, mit Recht am meisten gefürchtet. Da die Verwitterung auf verschiedenartige Substanzen ungleich einwirkt, so wird oft durch sie die ganze äußere Felsengestaltung verändert. Ein Beispiel hiefür von ganz eigenthümlicher Art bieten uns die gefurchten Kalkflächen dar, welche in der Schweiz Karren oder Schratten, in der romanischen Schweiz Lapiaz heißen. Es sind rinnenförmige Vertiefungen, entstanden durch Auswaschungen in Kalkfelsen, deren Bestandtheile in Beziehung auf Härte und Lösbarkeit verschieden sind. Das abträufelnde Wasser wirft sich vorzugsweise in diese Rinnen, vertieft sie mehr und mehr und gräbt sich Kanäle, die durch Seitenwände von Stein getrennt sind. Auch diese werden aber angegriffen, es entstehen kleinere Hohlkehlen an ihren Seitenwänden, der Rücken wird schmäler und schärfer, während zugleich die ursprünglichen Kanäle sich vertiefen und auf dem Grunde durch Seitenerosion sich auch wol erweitern. Fig. 45 gibt uns einen Durchschnitt dieser Bildung. Die Karrenbildung, welche übrigens, wie man leicht begreift, keineswegs immer die regelmäßige Gestalt hat, wie sie die Figur zeigt, kommt an verschiedenen Orten in den Schweizeralpen, ferner nördlich von Toulon, bei Palermo und anderwärts vor, und Studer ist der Ansicht, daß die Entstehung dieser bisweilen stundenlangen Karrenfelder nicht nur an eine besondere Abänderung des Kalksteins, sondern auch an eigenthümliche klimatische Verhältnisse gebunden sei. Auf den Kalkfelsen des Jura sieht man keine, oder nur sehr unvollkommen ausgebildete Karren, vorzüglich häufig dagegen auf dem Kalk der älteren alpinischen und südeuropäischen Kreide-

bildung*). Bei Felsarten, welche von Gangmassen, d. i. von untergeordneten, aus fremdartigen Substanzen bestehenden Lagern durchsetzt sind, ebenso bei gemengten Felsarten entstehen durch die Verwitterung eigenthümliche Verhältnisse anderer Art. Beispiele hiefür von der erstgenannten Felsart bieten uns in der Gegend um Heidelberg die schmalen Gänge neueren Granits dar, welche aus dem der Verwitterung leichter unterliegenden älteren Granite hervorragen, ebenso auf den Hebriden und in anderen Gegenden von Schottland und Irland aus Schiefer, Sandstein, Kalkstein (nicht selten einige Fuß hoch, wie Mauern emporragende Gänge von Basalt und Trapp, die man deshalb stellenweise zur Einfassung von Feldgemarkungen benutzt; ferner in den Gebirgen von Lyon die vielen Quarzgänge, die sich mauerartig 30 bis 45 Fuß hoch über die Bodenfläche erheben. Gemengte Felsarten, auf welche die Verwitterung nur an der Oberfläche einwirkt, erhalten durch den ungleichen Widerstand der Bestandtheile eine rauhe Außenfläche. Ein Beispiel hiefür gibt uns, nach Studer, der Riesensandstein im Kanton Bern, einer Verkittung großer Kalkblöcke durch eine kleinkörnige Breccie von Kalk- und Quarzkörnern, in welchem das Cement in dicken Wulsten zuweilen fußhoch über die abgewaschenen Kalkblöcke hervorragt, und wo im Cement selbst die schwerer verwitterbaren Quarztheile über die Kalktheile herausstehen. Aehnliche Erscheinungen finden sich auch bei anderen gemengten Felsarten, bei Serpentinen und Graniten; bei jenen ragen die Diallagkrystalle, bei diesen die Quarz- und nicht selten auch die großen Feldspathkrystalle aus der übrigen Masse heraus. — Im Bisherigen ist der Einfluß der atmosphärischen Erosion auf festes Gestein betrachtet worden; rascher schreitet die Zerstörung vor sich, wenn das atmosphärische Wasser in lockeren, leicht aufgeweichten Boden eindringt. In diesem Falle lösen sich an steileren Gehängen ganze Massen ab, bilden einen **Bergschlipf** und am Fuße des Abhanges einen Schuttkegel. In Gebirgsländern sind die Beispiele nicht selten, daß Gebirgsabhänge durch heftige Gewitterregen alles lockeren Bodens beraubt und bis auf den nackten Fels entblöst werden, der dann selbst der Verwitterung preisgegeben ist. Solche **Erdschlipfe** ereignen sich in manchen Gegenden der Alpen ganz besonders, wenn bei lauwarmem Südwest auf den mit Schnee bedeckten Boden mehrere Tage Regen fällt. Vorzugsweise sind denselben die steilen, lehmigen Berghalden ausgesetzt, weil

---

*) Studer, ein trefflicher Beobachter, hat auf seinen vielen Wanderungen durch unsere Alpen und den Jura sich einen reichen Schatz mannigfacher Erfahrungen gesammelt, welche er zum Theil in seinem neuesten Werke über physikalische Geographie und Geologie niedergelegt hat. Ich sah mich daher genöthigt, an manchen Stellen, die namentlich Erscheinungen in unsern Alpen betreffen, mich auf den Verf. des genannten Werkes zu beziehen.

das Wasser sich zwischen der Dammerde und dem Lehm sammelt, erstere aufbläht und dann überwirft. Schlammströme, die meist von kurzer Dauer sind, sind eine andere Wirkung von heftigem Regen. Fallen nämlich Erdschlipfe in Gebirgsbäche, oder spült bei heftigem Regen das von den Felsen zusammengelaufene Wasser eine Menge Erde, Sand, Steine u. s. w. von den Bergwänden in die Rinnen und Tobel, und hemmt der Schutt den ferneren Abfluß des Wassers, so bricht dies mit Gewalt den hindernden Damm und schiebt denselben mit Allem, was im Wege steht, krachend und tosend vor sich her, sucht sich neue Bahnen und überlegt und verwüstet am Fuß des Berggehänges, wo die Neigung allmäliger, der Fall geringer ist, oft die schönsten Wiesen, Aecker und Gärten, in Bündten nicht selten auch Rebberge, auf viele Jahre, oft für immer. Solche Schlammströme, die in Bündten Rüfenen, an andern Orten der gebirgigen Schweiz Ribinen heißen, lassen, dem Gesagten zufolge, Sedimente zurück, die aber nur selten Spuren von Stratifikation oder eines Wechsels verschiedenartiger Lager zeigen; große, mehr oder minder abgerundete Felsblöcke, Kies und Sand liegen in ihnen meist abgesondert durch einander, Alles umhüllt von dem vertrockneten, in die Zwischenräume der Felsblöcke zusammengesunkenen Schlamm. Die äußere Gestalt dieser Sedimentmasse hat Aehnlichkeit mit derjenigen der Schuttkegel und zeigt Neigung zu horizontaler Ausbreitung. Ein einziger solcher Schlammstrom (Rüfi) legt oft am Fuß des Gehänges eine Schuttmasse von 10—15 Fuß Höhe bei 30—50 Fuß Breite ab. Eine häufige, wenn auch nicht die einzige Veranlassung zu diesen Rüfenen ist die Ausrottung der Wälder im Gebirg und man hat beobachtet, daß sich ihre Zahl und Größe mit der Zerstörung der Wälder mehrt. Manche Gebirgsländer leiden viel von den Verheerungen dieser Schlammströme, so mehrere Gegenden in Bündten, und das kleine lichtensteinsche Ländchen zählt auf kurzer Erstreckung allein gegen die Rheinseite hin 6 derselben, die noch thätig sind; anderwärts, z. B. bei Chur, südlich von Zizers u. s. w., erkennt man das frühere Vorhandensein von Rüfenen aus dem schuttkegelähnlichen Sedimente. Verschieden von diesen alpinischen, mit Schutt, Felsblöcken, Baumstämmen belasteten Schlammströmen sind die Ströme von Moya, welche in Quito bei Erderschütterungen und vulkanischen Eruptionen aus unterirdischen Behältern hervorbrechen und die Niederungen oft in einer Ausdehnung von mehreren Quadratmeilen mit einem torfartigen Schlamm überdecken, der, getrocknet, zum Brennen benutzt wird.

„Die Bedingungen, unter welchen die Erosion zerstörend einwirkt, sagt Studer, oder von den Felsarten abgehalten wird, sind sehr mannigfaltig und oft schwer zu beurtheilen. Mehrere Kalkstein- oder Granitarten leisten großen Widerstand, andere werden in nicht langer Zeit bis auf den innersten Kern zersetzt. Der Aggregatzustand und die chemische Beschaffenheit

sind von wesentlichem Einfluß, und so wie die einen Schwefelkiese sehr leicht, andere kaum je verwittern, so scheinen ähnliche Differenzen auch zwischen den verschiedenen Glimmer- und Feldspatharten zu bestehen, ohne daß es immer möglich wäre, die Ursache derselben anzugeben. Daß der Kontakt verschiedenartiger Substanzen durch Erregung schwacher, die Zersetzung bald begünstigender, bald sie abhaltender Elektrizitäten, auch hier eine wichtige Rolle spiele, ist nicht zu bezweifeln. Häufig wirken auch äußere Verhältnisse entscheidend ein. Ein veränderter Stromlauf des Thalbaches kann das Untergraben eines Gebirgsfußes, hierdurch Bergschlipfe und eine lange Folge von Zerstörungen veranlassen; unvorsichtiges Schlagen von Wäldern hat in den Alpen und in andern Gegenden für große Thäler eine, bald langsamer, bald schneller fortschreitende Verödung herbeigeführt; die Verminderung des Holzstandes oder eine längere Folge ungünstiger Jahre können für ganze Gebirgssysteme, die früher wenig durch Erosion litten, Ursache von Zerstörungen werden, deren Ende nicht vorherzusehen ist."

Alle gemachten Beobachtungen dringen uns die Annahme einer älteren und jüngeren atmosphärischen Erosion auf. Die bedeutenden Veränderungen, welche durch jedes stärkere Hochgewitter oder durch ein schnelles Abschmelzen der Gletscher in der Gestaltung des Bodens hervorgebracht werden, die neuen Felsbrüche, Schluchten und Trümmerhalden, die man entstehen sieht, die durch fortdauernd niederfallende Trümmer sich stets frisch erhaltenden Schutthalden der Kalk- und Dolomitalpen, das von Zeit zu Zeit sich wiederholende Herabfallen gewaltiger Felsblöcke vom Calanda bei Felsberg, das an der steilen Felswand der Gemmi im Frühjahr und Sommer fast wöchentlich vorkommende Einstürzen von Felspyramiden, deren aufgelockerte Schieferbasis die Last nicht mehr zu tragen vermag, die schnellen Fortschritte der Zerstörung in dem Quarz des Illgrabens gegenüber Leuk, oder in den Schluchten, die hinter Brienz tief in die Schiefermasse des Rothhorns eingreifen; alle diese Fälle, bei denen wir die Erosion in vollster, ununterbrochener Thätigkeit antreffen, nöthigen uns anzunehmen, daß an diesen Orten die Erosion so wie jetzt nicht seit undenkbar alter Zeit gewirkt haben könne, weil sonst lange schon eine allgemeine Verflachung und ein Zustand größerer Ruhe eingetreten sein müßte. Andere Verhältnisse dagegen lassen uns die Erosion als eine längst abgeschlossene erscheinen. Von den vielen Beispielen, die Studer hiefür anführt, mögen folgende als Beweis dienen. In der ganzen Ausdehnung der Kalk- und Flyschalpen *)

*) Mit dem schweizerischen Provinzialnamen Flysch bezeichnet Studer eine Gebirgsablagerung, in welcher abwechselnd Sandsteine und Schiefer vorkommen, und zwischen ihnen untergeordnete Stöcke und Lagen von Kalk, große Massen von Kalkbreccie, der Nagelfluh ähnliche Konglomerate, Lager von schwarzem und lauchgrünem Quarz, und noch mehrere andere Massen.

trifft man oft über 100 Fuß hohe Kalkstöcke an, die nackt oder mit Tannenwaldung bekleidet sind, und früher von einer andern, leichter verwitterbaren Felsart umschlossen gewesen sein müssen; in den Gebirgen von Davos und Erosa in Bündten sind die Porphyrkuppen des Kummerberges und die Dioritkuppe des Hörnli nur durch das Verschwinden ihrer Sandstein- und Schieferumgebung sichtbar geworden; eine der auffallendsten Ansichten dieser Art bietet aber das Großhorn bei Zerfreila im hintern Valserthal in Bündten dar, Fig. 46, ein zahnartiger, wol gegen 1000 Fuß hoher, unersteiglicher Felsstock, der ganz isolirt auf der breiten Hochfläche steht, die von Zerfreila nach Süden ansteigt; bis zum Betrag jener Höhe muß der Talkflysch, der die Hochfläche bildet, oder eine andere Steinart, die einst den Stock umgab, zerstört worden sein. An andern Orten scheinen mächtige Formationen durch diese langsame Erosion bis auf wenige Spuren verschwunden zu sein. So wird der Gipfel des Hohgant, in der nördlichsten Kette der Kalkalpen, von einem sehr zerstörbaren Quarzsandstein in einer Mächtigkeit von mehrern hundert Fuß bedeckt, und unter dem Sandstein liegt Kalk; auf der östlich angrenzenden Kette der Schratten fehlt dieser Sandstein bis auf vereinzelte Trümmer, die sein früheres Vorkommen beweisen; der Kalk, in nackten stundenweiten Karrenfeldern, bildet allein die Oberfläche und die Kette ist auch ungefähr um die Mächtigkeit, die der Sandstein auf dem Hohgant erreicht, erniedrigt. Ein ähnliches Beispiel der Zerstörung gibt der wol 1000 Fuß hohe Syenitkamm auf der Flyschkette von Gravesalvas zwischen dem Julier und Silsersee; an mehreren Stellen ist der Rücken bereits bis auf den Flysch bloß gelegt und nur ein Ueberrest von Syenitblöcken und die ausgedehnten Trümmerhalden an beiden Abhängen zeugen von seiner früheren ununterbrochenen Erstreckung.

„Erwägt man, sagt Studer, den Einfluß, den eine so bedeutende Erosion auf die Gestalten des Gebirgs ausüben muß, so gewinnt man leicht die Ueberzeugung, daß die Umrisse der Gebirgskämme größtentheils ihr Werk seien; bei geringem Wechsel der Steinart werden die Contouren einförmig, geradlinig, wie am Jura und an mehrern Alpenketten (Brienzergräthe, Schratten); wo aber feste Gesteine mit leichter zerstörbaren wechseln, entstehen Stöcke und Hörner, die durch tiefere Einschnitte getrennt werden. Wo die Erosion noch vorherrscht und keine bleibende Lage von Dammerde bestehen läßt, behält das Gebirge einen felsigen, rauhen Charakter; wo ein Ruhestand eingetreten ist und die früheren Erosionsprodukte den tieferen Fels schützen, da stellt auch die Vegetation sich ein, das Wurzelgeflecht befestigt die Dammerde und die Wirkungen der Erosion sind als abgeschlossen zu betrachten.“

Unter den Veränderungen, welche durch Erosion bewirkt werden, ist eine der wichtigsten die Thalbildung, die in sehr vielen Fällen der Aus-

waschung gewisser Gebirgsarten und der Stoß- und Tragkraft von Flüssen und Strömen zugeschrieben werden muß. Wir haben im Bisherigen die auswaschende und nagende Kraft des Wassers hinlänglich kennen gelernt, um den Hergang bei Thalbildungen durch Regenbäche und ablaufendes Schneewasser, durch Flüsse und Ströme zu verstehen. Jedes fließende Wasser gräbt sich nämlich durch langsameres oder schnelleres Wegschwemmen des Bodens, auf dem es läuft, seine Rinne selbst und vertieft und erweitert dieselbe. Je lockerer der Boden, desto rascher geht die Auswaschung von Statten; aber auch Felsengrund wird von rinnendem Wasser eingeschnitten, obwol bei hartem Felsboden ein großer Zeitraum erfordert wird, ehe die Furche des Wassers einige Tiefe erlangt; ganz ausbleiben kann jedoch diese Wirkung niemals. Es hängt hiebei Alles von der durch das Gefäll bedingten Stoßkraft des Wassers und dem Widerstand ab, den derselben das Gestein leistet. Ist der Widerstand auch nur um ein Geringes größer als die Stoßkraft, so wird es schon eines beträchtlichen Zeitraums bedürfen, damit die Fortschritte der Erosion merkbar werden. Manche Wasserfälle der Schweiz haben seit 50 bis 100 Jahren ihre Gestalt und ihr Felsbett nicht wesentlich verändert, obgleich sie mit großer Gewalt ihre Wassermassen an entgegenstehende Klippen und Felsblöcke anschlagen; ihr Felsbett besteht eben aus Granit, Gneis oder hartem Kalk. Der Niagarafall in Nordamerika dagegen ist in den letzten 40 Jahren um 150 Fuß zurückgewichen; denn die Unterlage des 90 Fuß dicken festen Kalksteinlagers, welches den Absturz bildet, ist ein schiefriges sehr weiches Gestein, und dieses wird an der Stelle des Falles, wo die Felslager senkrecht durchschnitten sind, von dem aus der Tiefe mit Gewalt emporspritzenden und wie vom Sturme dagegen getriebenen Wasser stetsfort zerstört und weggeführt, so daß der darauf liegende härtere Kalkstein tafelartig darüber hinausragt, und, seiner Unterstützung beraubt, in die Tiefe des Falles hinabstürzt. Die von einem fließenden Wasser abgeschwemmten Theile werden nun, je nachdem sie größer und schwerer oder feiner sind, langsamer oder schneller fortgeschoben, und dabei gibt die Stoßkraft des Wassers den von ihr bewegten Felstrümmern, Kieseln und Sandkörnern einen nicht unbedeutenden Antheil an der Erosion. Sie leisten die gröbste, wie die feinste Arbeit des Steinhauers, runden und glätten die Kanten und Ecken der Felsarten ab, graben flache und tiefe, aber stets abgerundete, der Strömung folgende Furchen und Rinnen, größere Kessel und flache Schüsseln ein. So schafft sich also das rinnende Wasser zuerst sein Bett, gleichsam ein kleines Thal, das sich durch Nachstürzen der Ufertheile immer mehr erweitert, auf eine höchst einfache, aber kräftige und sichere Weise, und es sind ganz dieselben Mittel, welche die Natur bei der Bildung eines großen Theiles der Thäler angewendet hat. Das rinnende Wasser eines jeden Thales besteht nämlich aus der Vereinigung

mehrer kleiner Bäche, deren jeder sich seine eigene Rinne gebildet hat. Weil nun im Gebirge die Gewässer den stärksten Fall haben, so ist dort auch die Wirkung ihres Einschneidens in den Boden am größten; sie reißen daher fortwährend Bestandtheile der Gebirgsarten ab, schieben sie vor sich hin und führen sie dem Hauptgewässer des Thales zu, das sie weiter trägt und stößt. So müssen sich durch die vereinte Wirkung aller dieser fließenden Wasser allmälig Thäler bilden, wobei von Zeit zu Zeit eintretende meteorische Ereignisse, durch welche beträchtliche Wassermassen aus der Atmosphäre plötzlich auf einzelne Punkte der Erdoberfläche geschüttet werden, die im Hochgebirge nicht selten ein schnelles Abschmelzen der Gletscher zur Folge haben, in die erwähnten regelmäßigen Wirkungen verstärkend eingreifen. Man hat Beispiele, daß sich, nach Studer, Ströme, wie sie nach heftigen, besonders nach Hagelwettern oder bei schnellem Abschmelzen der Gletscher entstehen, sich im alten Schutt- oder Kiesboden der Alpenthäler, selbst bei sehr geringem Gefäll, oft in wenig Stunden ein 30 bis 100 Fuß tiefes Bett mit steilen, oft senkrechten Uferwänden gegraben haben. Diese Wirkungen, mit denen wir uns hier der Hauptsache nach bekannt zu machen haben, gehen theils in sehr frühe Zeiten der Geschichte des Erdballs zurück, theils dauern sie noch unter den Augen des Menschengeschlechtes fort.

Man unterscheidet Erosionsthäler und Stromthäler; die ersteren entstehen durch Zerstörung und Fortschwemmung eines Theiles der Schichtmasse, die letzteren durch die Stoß- und Tragkraft größerer Wasserströme. Es hält indeß schwer, zwischen beiden scharfe Grenzen zu ziehen, weil Regenbäche und ablaufendes Schneewasser von Flüssen und Strömen nicht wesentlich verschieden sind; doch wird der Unterschied durch folgende Beispiele einigermaßen deutlich werden. Wenn die ein Thal einschließenden Gebirge aus festem, Widerstand leistendem Gestein bestehen, während daß eine leicht zerstörbare Formation den Thalboden und die tieferen Theile der Thalwände bildet, so haben wir die Zerstörung dieser Formation als die Hauptursache der Thalbildung anzusehen; das Thal, welches auf solche Weise entsteht, ist ein Erosionsthal. Nach Studer bestehen die beiden Ketten, die das Simmenthal bei Weissenburg im Kanton Bern einschließen, Fig. 47, aus Kalkstein, dessen Schichten dem Thalboden zufallen; der Thalboden selbst aber besteht aus einem leicht verwitternden Flysch, dessen Lager meist vertikal stehen, und der aus dem Grunde nicht als jüngere Thalausfüllung betrachtet werden kann, weil eben in ihn das Thal eingeschnitten ist. Offenbar sind daher diese Flyschlager durch Auswaschung abgetragen worden. Im Jura kommen, nach demselben Naturforscher, besonders auf höheren Gebirgsstufen, sehr häufig Thäler vor (combes), deren eine Thalseite, Figur 48, die Fläche, die gegenüberstehende die Köpfe der Kalkschichten zeigt, der Thalboden selbst aber besteht gewöhnlich aus leicht zerstörbaren Mergeln

und Thonen. Auch hier ist die Thalbildung ein Werk der Auswaschung. Viele Thäler in den Alpen zeigen aufs deutlichste diese Entstehungsart. Ihre Eingänge sind Engpässe, die in festeren Fels eingesprengt sind, der den Thalwassern oft kaum den Ausgang gestattet. Hinter denselben bestehen die Thalgehänge aus weicherer Steinart, aus Flysch-, Gyps- und Dolomitmassen, welche der Erosion geringeren Widerstand leisten, so daß deren Einfluß durch Erweiterung des Thales unverkennbar ist. Beispiele solcher Thäler, die sich hinter ihren schmalen Eingängen mehr oder weniger ausweiten, sind, nach Studer, mehrere Seitenthäler des Wallis (Annivier, Turtmannthal, Baltschiederthal), das Simmenthal im Kant. Bern, Erosa, Davos, Faller in Bündten. Daß die Erosion oft nur kurze Zeit bedarf, um bedeutende Fortschritte zu machen, zeigen die im Bündtnerschiefer (Flysch) tief eingefressenen Tobel des Schyn, Schalfik, Prättigäu und am Heinzenberg, die oft mehrere hundert Fuß hohe, steile Abhänge haben, welche durch fortgesetztes Nachstürzen des Gesteins sich stets frisch erhalten. Studer bemerkt von der Kander im Kant. Bern, daß sich dieselbe seit 1714, und wie es den vorhandenen Nachrichten zufolge erscheine, bereits in den ersten Jahren ein Bett gegraben habe, das in der Nähe des Durchstichs bei 100′ tief unter dem alten Bett liegt. Diese Erosion, deren Breite an mehreren Stellen bis auf eine Viertelmeile beträgt, erstreckt sich zwischen meist vertikalen Wänden mehr als eine Stunde weit über dem Durchstich und ihre Tiefe beträgt hier immer noch bei 50 Fuß. — Die Entstehung oder letzte Gestaltung vieler anderer Thäler läßt sich nun aber nicht durch die allmälige und langsame Wirkung atmosphärischer Gewässer, sondern nur durch die Stoß- und Tragkraft von Strömen erklären. Dies ist der Fall bei allen Thälern von beträchtlicher Längenerstreckung, die sich in ein größeres Thal oder in eine Ebene öffnen, deren Thalboden sich vom Ursprung bis zum Ausgang des Thales senkt, oder die als Verbindungsthäler an beiden Enden offen sind, oder die endlich längs der Thalwände Spuren von Terrassen oder von Stromablagerungen zeigen. Stromthäler finden sich in vielen hügligen und selbst gebirgigen Gegenden, in letzteren z. B. das Aarethal, das Thal der Rhone, des Vorderrheins. Alle drei Alpenthäler sind ausgezeichnet durch ihre Terrassen, die durch theilweise Zerstörung der alten Schuttmassen entstanden sind, und die Dorfschaften, oder, bei höherer Lage, Frühweiden (Vorsasse, Maiensäße) tragen. „Der steile Absturz, sagt Studer, den sich der Strom zuerst eingefressen hatte, ist durch Nachstürzen des Bodens gemildert worden und hat die Böschung der Schuttkegel mit Winkeln von 35° bis 40° angenommen, die obere Fläche ist horizontal oder fällt schwach dem Thalbach zu; zuweilen kommen mehrere dieser Stufen über einander vor, in der Regel ist nur eine durch größere Breite und längeres Anhalten ausgezeichnet.“ In Bündten zeigt diese Terrassenbildung auch das

Prättigäu, wo sie aber durch die tief eingeschnittenen Tobel vielfach unterbrochen ist. Solche Terrassen werden zu vorspringenden Ecken, wenn, wie bei Reichenau in Bündten, zwei sich vereinigende Ströme den Thalboden einschneiden. Studer erklärt die Thalbildung der ganzen hügligen Schweiz entschieden für das Werk von Strömen, setzt aber für die Zeiten ihrer früheren Ausbildung weit größere Wassermassen, als jetzt darin fließen, voraus. Der Quellbezirk der einen dieser Thäler greift tief in die Alpen ein, während daß derjenige anderer von bedeutender Größe an hervorragenden Höhen des Hügellandes selbst zu suchen ist. Dahin gehören die Thäler der Mantua, Glane und Broye, welche ihren Quellbezirk am Jorat in der Waadt, die von Summiswald, Trub und Luthern, die ihren Quellbezirk am Napf im Emmenthal haben, und die der Töß und Murg, deren Quellflüsse an der Hörnlikette im Kant. Zürich entspringen. Für die Ansicht der Entstehung dieser Thäler durch Auswaschungen von wirklichen Strömen süßen Wassers, und gegen die Annahme einer Bildung derselben durch Unterströme einer stehenden Wasserbedeckung, oder vorübergehende allgemeine Fluthen macht Studer folgende Gründe geltend. Es findet sich erstlich keine Spur einer Strandbildung stehender Gewässer, während Flußgeschiebe sich oft in allen Höhen finden; viele dieser Thäler sind ferner bei verhältnißmäßig geringer Breite tief und die Thalwände zeigen zuweilen eine beträchtliche Böschung, was, wären sie durch Auswaschungen von Unterströmen entstanden, nicht der Fall wäre, da diese nur sehr breite, flach abfallende Mulden bilden können; es spricht drittens für eine lange anhaltende und mehrfach wechselnde Wirksamkeit von Strömen das verschiedene Niveau der Thalboden von nahe liegenden und in Verbindung stehenden Thälern, die oft sehr aus einander weichende Richtung derselben und das Vorkommen von Thälern, die rechtwinklig zwei andere parallele verbinden, deren Thalboden tiefer liegt, als derjenige der Verbindungsthäler; nicht selten endlich bemerkt man auch Terrassen in den Abhängen oder Einbiegungen, die auf wechselnde Strömungen und auf einen veränderten Wasserstand schließen lassen. — Für die Entstehung oder wenigstens letzte Gestaltung mehrerer Stromthäler in den Alpen durch Erosion zeugen auch die kegelförmigen Hügel, die sich auf der sonst ganz ebenen Thalfläche zu 30 bis 50 Fuß Höhe erheben. Wir finden dergleichen zwischen Sitten und Brieg im Wallis, in Glarus und zwischen Reichenau und Chur im Vorderrheinthal, und sie bestehen entweder aus gröberem Schutt, aus Kalkblöcken und Kies, oder aus anstehenden, sehr zerrütteten Kalkstein- und Dolomitschichten. Man kann sie nur als die über die jüngeren Thalalluvionen sich erhebenden Ueberreste des alten, wie es scheint sehr unebenen Thalgrundes betrachten. Aehnliche Verhältnisse kommen auch anderwärts vor, wo die Erosionsthäler entweder die Molasse sehr ungleich ausgewaschen haben (bei Bern), oder alte

Lavaströme durchschnitten (in der Auvergne, in Velaj und Vivarais), oder, wie in der Umgebung von Paris, den alten Boden von Süßwasserkalk, die Sedimentbildung einer ausgedehnten Seefläche, bis auf vereinzelte Ueberreste auf den Rücken der Hügel, zerstörten, während der Grund der neueren Flußbildungen, des angebauten und bewohnten Bodens, auf welchem Paris steht, eine marine Grobkalkbildung von weit älterer Entstehung ist, als jener größtentheils verschwundene Süßwasserkalk (Studer). — Man sieht aus dem Bisherigen leicht, daß der Einfluß der Erosion bei der Thalbildung keineswegs gering anzuschlagen ist, und es verträgt sich auch in der That die geschlängelte Gestalt so vieler Thäler, das Zufallen anderer eben so geschlängelter Seitenthäler in dieselben, und überhaupt die oft sehr zierliche dendritische Verästelung jedes ganzen Thalsystems damit am besten. Jedoch reicht die Erosion nicht aus, um durch sie die Entstehung aller Thäler zu erklären; es gibt Thäler, die entschieden ursprünglich bei der Hebung der Berge entstanden sind, und erst ihre letzte Gestalt der Stoß- und Tragkraft von Stromwassern zu verdanken haben. Es gehören dahin viele Längenthäler, bei denen ein enger Zusammenhang zwischen der Thalbildung und der Schichtenstellung stattfindet. Fallen die Schichten der beiden Thalwände dem Thalgrunde zu, so erhalten die beiden Thalränder eine meist sanfte und gleichförmige Neigung und der Thalgrund besitzt Muldengestalt; fallen die Schichten beider Thalwände vom Thalgrunde ab, so daß beide Thalwände von den Schichtenköpfen gebildet werden, so erscheinen die Thalränder abschüssig und rauh und tragen nicht leicht den Charakter einer gleichförmig geneigten Ebene; fallen endlich die Schichten der einen Thalwand dem Thalgrunde zu, die der andern dagegen von ihm ab, so daß also die eine Thalwand von den Schichtenflächen, die andere von den Schichtenköpfen gebildet ist, so wird die eine Thalwand eine in gleichförmiger Ebene liegende, mehr oder weniger sanft geneigte Fläche darstellen, während daß die andere steil und ungleichförmig ist. Man nennt die Längenthäler der ersten Klasse auch wol Muldenthäler, die der zweiten Spaltungsthäler, da sie durch eine Störung oder gewaltsame Zerreißung des ursprünglichen Zusammenhangs entstanden zu sein scheinen, und man nimmt an, daß die Längenthäler dieser beiden ersten Klassen ursprünglich mit der Hebung der Gebirge entstanden seien. Man hat sie daher auch primitive oder Urthäler genannt. Die Längenthäler der dritten Klasse heißen auch Scheidethäler, sie sind in den Alpen am häufigsten und haben gewöhnlich die Eigenheit, daß sie sich meistens auf der Scheidung zweier über einander liegender Gebirgsarten halten, unstreitig deswegen, weil eine solche Stelle einen natürlichen Absatz in der Bildung der Oberfläche darbietet, in welchem sich ein solcher Thalgrund am leichtesten einfurchen konnte. Die Thalbildung dieser Thäler muß der Erosion zugeschrieben

werden, weil sie dem Einfurchen und Auswaschen durch Gewässer besonders günstig sind. Das Innthal von Landeck bis Kuffstein, und das Thal der Weser von Karlshafen bis Holzminden und von Hameln bis Vlotho sind Beispiele solcher durch Erosion entstandener Längenthäler. Eine dritte Entstehungsweise von Thälern wird gleich nachher zur Sprache kommen.

Unter den vielartigen Ereignissen der Zerstörung durch Erosion sind die Felsstürze und Bergfälle diejenigen, welche am verheerendsten und furchtbarsten sind. Schöne, fruchtbare Landstriche werden durch sie zur öden, schauerlichen Wüste umgewandelt; Sennhütten, einzelne Wohnungen, ganze Dörfer liegen durch sie begraben unter Steingehäuf und Schutt; Thalausgänge werden verschlossen, Quellen verstopft, Bäche und kleinere Flüsse in ihrem Laufe unterbrochen und dadurch oft ganze Thäler zu Seen umgewandelt, die entweder Bestand gewinnen, oder, den Schuttdamm durchbrechend, die ganze vorliegende Landschaft überfluthen; Wälder bleiben nicht selten unter den Steintrümmern begraben, und umgestürzt, mit ihren Wipfeln in Schutt versenkt, ragen gewaltige Bäume mit ihren Wurzeln hoch empor. Man glaubt an Orten zu sein, wo Alles durch die Gewalt mächtiger Minen gesprengt und umgestürzt worden, so überaus vielartig sind Gestalten und Lagen der Trümmer. Erst nach Jahren drängt sich zwischen den Felsblöcken einzelnes Strauchwerk hervor, Epheu und Geisblatt umranken und verbinden die rauhen Massen, endlich, im Verlauf langer Zeit, werden die Schutthalden mit Gras und Wald bewachsen. Solche Ereignisse sind uns vorzüglich nur aus Europa und namentlich aus den Schweizergebirgen bekannt, und zwar meistens aus neuerer Zeit, da die Nachrichten von Bergfällen aus früherer Zeit meist unter denen von Erdbeben verborgen sind. Beispiele sind der Bergfall des Corto im J. 1618, welcher Plurs und Scilana zerstörte, die Einstürze des Diableret in den Jahren 1714 und 1749, bei welchen mehrere Hörner des Berges zusammenbrachen, der Bergsturz bei Sallenches in Savoyen im J. 1751, der des Tellenberges im J. 1801, und zuletzt der Sturz des Roßberges im J. 1806. Man hat früher Erdbeben als die alleinige Ursache solcher Ereignisse angesehen, und es ist nicht zu leugnen, daß es Beispiele gibt, wo Bergfälle oder Felsstürze Folgen von Erdbeben waren. Allein nicht immer treten Bergstürze unerwartet und plötzlich ein, sehr oft verkündigen sie sich durch gewisse Warnungszeichen, wie dies bei den Felsstürzen des Calanda über Felsberg der Fall zu sein pflegt. Von Tag zu Tag wird das aus der Höhe herabkommende Gerölle, werden die Gesteintrümmer und Brocken häufiger, vorhandene Spalten thun sich mehr und mehr auf, Felswände beugen, die vorderen Gesteinmassen senken sich; ein dumpfes Geräusch, ein donnerähnliches Tosen geht diesen Katastrophen gewöhnlich unmittelbar voraus, Felswände und Bergspitzen stürzen, wenn sie sich einmal losgerissen haben, oft mit Blitzesschnelle von der Höhe herunter

und bedecken, indem sich der Himmel durch weithin sichtbare Staubwolken verfinstert, in wenigen Augenblicken die Berggehänge und den Fuß derselben mit ungeheuren Haufwerken von Felstrümmern. Es ereignen sich ferner Bergfälle nicht nur in Gegenden, die man als den Erdbeben unterworfen kennt, sondern sie können überall vorkommen, wo die Lage und Beschaffenheit der äußeren Theile des Bodens sie begünstigt, und es scheint aus Allem hervorzugehen, daß die atmosphärische Erosion in den meisten Fällen die wirkende Ursache sei. Nimmt man mit Hoff an, daß ein Berg aus verschiedenartigen Gesteinlagen so zusammengesetzt sei, daß die oberste oder äußerste dieser Lagen, oder die in derselben entstandenen Spalten den Flüssigkeiten den Durchgang bis zu einer darunter befindlichen Schicht gestatten, welche leichter zerstörbar ist, als die obere; so kann es geschehen, daß die untere Schicht früher zersetzt und aufgelöst wird als die obere und daß ihre aufgelösten Bestandtheile vom Wasser durch Klüfte in das nächstliegende Thal abgeführt werden. Dadurch aber verliert die obere Schicht ihre Grundlage, oder wenigstens mehrere ihrer Stützpunkte, und sinkt auf die untere Schicht nieder. Je nach der Neigung dieser unterliegenden Schicht können nun zwei Fälle eintreten. Ist dieselbe nur gering, so kann es bei diesem Niedersinken bleiben, und der ganze gesunkene Boden wird vielleicht keine beträchtliche Zerstörung erleiden; ist aber die untere Schicht stark gegen den Horizont geneigt, so gleitet die obere niedersinkende Schicht auf der geneigten Fläche abwärts, und bei einer irgend beträchtlichen Höhe erfolgt dies mit beschleunigter Bewegung, wobei gewöhnlich die abgleitenden Theile zertrümmert, und die nächsten Tiefen, die ihr Fall erreicht, mit ihren Trümmern überschüttet werden. Es ist auch möglich, daß die obere Schicht selbst ein ungleiches Gefüge hat, in welchem einzelne Theile leichter, andere schwerer durch die Erosion zerstört werden können; in diesem Falle bildet die Zersetzung, da wo sie schneller vorschreitet, Höhlen und Klüfte, die sich allmälig vergrößern und zu beträchtlichen Spalten werden können. Diese füllen sich mit dem atmosphärischen Wasser, dessen Druck und insbesondere dessen Gefrieren dahin wirkt, die Wände der Spalten mehr und mehr auseinander zu treiben. Dadurch können einzelne oft sehr große Stücke der so zerklüfteten Felsmasse so weit auf die Seite getrieben werden, daß, wenn sie, wie bei Feldsperg, einen steilen Bergabhang bilden, ihr Schwerpunkt über ihre Grundfläche hinausgerückt wird, und sie in die Tiefe stürzen müssen. Beim Sturz des Rufiberges ruhte ein 600 Fuß hoher und 1000 Fuß breiter Theil der Felsen auf einer Thon- und Mergelschicht und glitt herab, nachdem letztere durch das eindringende Wasser allmälig zersetzt und schlüpfrig geworden war. Berg- oder Erdschlipf heißt die Erscheinung, wenn die obere, von atmosphärischen Wassern zersetzte Schicht auf der geneigten Fläche der untern herabgleitet; ungeheure Erd- und Steinmassen werden sich dann durch hef-

tige Regengüsse ablösen und durch ihr Herabgleiten die Gegend umher unkenntlich machen. Oft stürzen ganze Wälder mit herunter, wie dies z. B. in der Nacht vom 22. auf den 23. August 1846 mit einem Theil des ob Altorf gelegenen Bannwaldes geschah.

Mit den genannten Erscheinungen haben die Erdfälle (Einsenkungen, Einstürze) große Aehnlichkeit, nur fällt bei ihnen der Boden nicht von einer Seite des Horizonts zur andern, sondern sinkt senkrecht in die Tiefe der Erde. In vielen Fällen sind durch unterirdische Erosion entstandene Höhlungen, deren Decken die auf ihnen liegenden Massen nicht mehr zu tragen vermögen, die Ursache von Erdfällen; andere Male entstehen die Höhlungen durch den Erguß von Laven und das Austreten von Dämpfen. Auch in Gegenden, die durch Bergbau stark unterminirt sind, können sich Erdfälle ereignen. Ist die unterirdische Erosion die Ursache, so zeigt sich die Erscheinung am häufigsten da, wo Höhlenkalkstein oder Gyps die Unterlagen des Bodens bilden. Bei felsigem Boden entstehen durch den Einsturz schachtähnliche Löcher, ist er dagegen locker, so werden die Absenkungen trichter- oder kesselförmig durch das Nachrutschen der höheren Massen, ist endlich der obere Theil des Bodens locker, der zwischen ihm und der Höhlung befindliche felsig, so wird der Erdfall oberhalb eine trichterförmige, darunter eine schachtähnliche Abtiefung zeigen, wie in Fig. 49. Solche Einsenkungen hat das Gypsgebirg von Thüringen und anderwärts aufzuweisen, sie finden sich in dem höhlenreichen Kalkgebirge von Krain, Illyrien, Istrien, Dalmatien, Griechenland, in den älteren vulkanischen Bezirken der Auvergne und am Niederrhein, wo die Maare oder Kraterseen der Eifel dahin zu zählen sind, und an mehrern Orten in Italien. Spezielle Beispiele sind das Versinken des Dorfes Mottingham in Kent 1585, eines Theiles des Dorfes Pardines in Auvergne 1733, eines Edelhofes bei Friedrichshall und eines Waldes bei Jarmanidiec in Podolien 1785, einer großen Strecke bei Recoaro im J. 1789, vorzüglich bei Arpino im Neapolitanischen im J. 1801. Bei dem letztern Falle, welcher einer der bedeutendern ist, erfolgte das Einsinken theilweise, jedoch sank unter Anderem mit einem Male ein mit Bäumen bewachsener Strich Landes von 200 Morgen in eine solche Tiefe hinab, daß selbst die Gipfel der höchsten Bäume nicht sichtbar blieben. Meistens sammelt sich in den entstandenen Vertiefungen Wasser an, und manche Teiche, von denen die Sage geht, daß sie versunkene Oerter enthielten, mögen auf diese Weise entstanden sein. Im Kleinen sind Einstürze und Einsenkungen nicht selten und müssen als Erklärungsprinzip für eine zahlreiche Reihe ähnlicher Erscheinungen gelten; ja man hat sich überzeugt, daß dem Einsturz der Massen ein sehr allgemeiner Einfluß auf die Gestaltung der Gebirge einzuräumen sei, wobei jedoch die zu erwähnenden Beispiele von Einstürzen nicht immer durch unterirdische Erosion, sondern

durch die Gebirgsbildung selbst mögen erzeugt worden sein. „Steil und schlank, sagt Studer, wie ein Obelisk, erhebt sich der Mont Cervin 3000, hoch über die weiten Schneefelder, die rings um ihn die hohen Gebirgskämme der Alpen bedecken; über dem Thalgrund von Breuil beträgt die Höhe 6200 Fuß. Seine Schichten zeigen kaum ein Fallen von 45° und sind auf allen Seiten des Felsstocks wie abgeschroten; ihre Stellung kann also die Gestalt und Erhebung derselben nicht erklären; auch eine Erosion, die alle angrenzenden Massen zerstört und weggeführt und nur diesen keineswegs aus festeren Steinarten bestehenden Zahn übrig gelassen hätte, ist unmöglich anzunehmen. Die Gebirgsformen der Südseite und des Kessels von Breuil deuten dagegen auf Einsturz, und auf Hirli, einem Felsbuckel nahe am nördlichen Fuß des Mont Cervin, glaubt man die Richtigkeit dieser Erklärung bestätigt zu sehen; denn während die untere Hauptmasse des Stocks aus hellgrauem Gneis und Talkflysch besteht, ist die Steinart des Hirli ein durch Verwitterung der Außenfläche rostbrauner Spilit, Serpentin und Flysch, und dieselbe Steinart bildet, nach der Farbe zu schließen, auch die oberste Kuppe des M. Cervin; man findet sie auch auf St. Theodule und in der Tiefe von Breuil, in der Grundlage aber stets Gneis und Talkflysch; alle diese, jetzt in so verschiedenen Niveau's liegenden rostbraunen Serpentin- und Flyschmassen scheinen früher vereinigt die oberste, zusammenhängende Decke des Gebirgs ausgemacht und dieses in unbestimmter Ausdehnung sich bis zur Höhe des M. Cervin, M. Erin und der übrigen Gipfel dieser Gegend erhoben zu haben." Nicht minder merkwürdig sind die Kesselthäler in den Pyrenäen und Alpen, die sich öfters im Hintergrund der in die Ketten einschneidenden Querthäler finden, und die am naturgemäßesten Einstürzen zugeschrieben werden, welche in dem Gebiet solcher gewaltsam erhobenen Massen der Gebirge in weniger unterstützten Punkten vorfallen mußten. Ich komme hier auf die dritte oben berührte Entstehungsweise der Thäler zu sprechen. Längen- und Querthäler nämlich unterscheidet man nach dem Winkel, den die Streichungslinie des Thales mit der des Gebirges macht; für erstere ist die parallele Richtung, für letztere der rechte Winkel die Normale. Die Querthäler gehen daher immer zwischen den Schichten hindurch und müssen deshalb stets als Lücken in dem ursprünglichen Zusammenhange derselben auftreten, so wie ihre Wände, weil sie von den Schichtenköpfen gebildet werden, immer steil und voll unregelmäßiger Felsenstürze erscheinen werden. Außerdem sind die Querthäler durch eine unregelmäßige und oft wechselnde Gestalt ihrer Grundfläche ausgezeichnet, welche jedoch nicht ohne eine gewisse Gesetzmäßigkeit auftritt, indem diese Unregelmäßigkeiten stufenförmig erfolgen. Eine längere Strecke läuft der Boden des Thales fast wagrecht, dann aber stürzt er vielleicht auf gleiche Länge mit starkem Gefälle in mehrfach wiederholten Absätzen in die Tiefe. Diese

verschiedenartige Neigung des Bodens hat natürlich eine sehr auffallende Wirkung auf die Gewässer der Querthäler. Eine längere Strecke weit schleichen die Flüsse so sanft und unsicher fort, daß sie durch Dämme in ihren Betten gehalten werden müssen, dann stürzen sie plötzlich entweder in Kaskaden, oder in engen Felsenspalten über die Absätze des Querthales schäumend herab, bis sie aufs Neue wieder auf einer wenig geneigten Thalfläche fortfließen. Dabei ist nun hauptsächlich der Umstand zu bemerken, daß die wenig geneigten Flächen der Querthäler, über welche der Fluß sanft hinfließt, stets mehr oder minder große Weitungen sind, in welchen die steilen Wände auf beiden Seiten zurücktreten, während daß sie in den steil geneigten Strecken des Querthales sich oft auf ganz geringe Entfernungen nähern und dadurch dem Thale den Charakter einer Querspalte geben. Die durch diese Spalten verbundenen Weitungen waren einst Seebecken, denn man findet den Boden derselben durch horizontale Schichten von Sand und abgerundeten Geschieben gebildet, welche nur auf dem Boden einer großen stehenden Wassermasse abgesetzt werden konnten, und an den Seitenwänden mancher sieht man hin und wieder noch die deutlichen Spuren des einstigen Wasserstandes; und sie blieben so lange geschlossene Kessel, bis die verbindenden Querspalten ihren Wasserspiegel erniedrigten oder ganz zum Abfluß brachten. Noch jetzt ist aus vielen dieser Kessel am Ausgang der meisten größeren Querthäler, oder am äußeren Rand des Alpensystems das Wasser nicht ganz abgelaufen, wodurch jene Seen entstehen, die so viel zur Verschönerung des Alpenlandes beitragen; ihre große Tiefe, das steile Abfallen der sie einschließenden Gebirge, das auch unter dem Wasserspiegel sich fortsetzt, das plötzliche Abbrechen der Schichten an diesen Abstürzen entfernt jeden Gedanken an Auswaschung. Hier sind nun zwei Erscheinungen zu erklären, die offenbar von verschiedenem Alter der Entstehung sind, — jene großen Weitungen und die verbindenden Spalten. Waren nämlich jene Weitungen, oder Kesselthäler, einst Seebecken, so können die Spalten, welche ihrem Wasser einen Abfluß gestatteten, in jener Periode entweder noch nicht vorhanden gewesen sein, oder doch größtentheils ihre gegenwärtige Tiefe noch nicht erreicht haben; die Kesselthäler sind also ältere Bildungen, und da sie geradezu Lücken in dem großen Schichtenverbande von oft mehreren tausend Fuß Tiefe sind, so kann ihre Entstehung nicht wol anders erklärt werden, als daß sie bei der Gebirgsbildung selbst durch Einstürzen weniger gut unterstützter Theile derselben hervorgegangen, daß sie also großartige Erdfälle seien. Die Verbindungskanäle aber sind später, entweder durch Erosion, oder durch Erschütterungen und gewaltsame Zerreißungen gebildet worden, wobei es sehr wahrscheinlich ist, daß dieser Vorgang in den oberen höchsten Theilen des Gebirgs seinen Anfang genommen hat, und durch die erfolgte Wasserentladung den ersten Anstoß zu einer Reihe analoger Ereig-

nisse gab. Solche Kessel- oder Einsturzthäler findet man nun, wie schon bemerkt, in den Pyrenäen und Alpen öfters. Berühmt durch ihre malerische Schönheit sind im Hintergrunde des Thales von Barèges die Oule de Gavarnie, und im Thal von Héas der Cirque de Troumouse, beide am nördlichen Abhange der Pyrenäen. In den Alpen kommen sie entweder als geschlossene Kessel oder durch Querspalten mit anderen Thälern verbunden vor; so in der Tschingelalp im Hintergrund des Kienthals (Kanton Bern), ferner in Breuil, am Südabfall der penninischen Alpen, am Fuß des M. Rosa das zwei Stunden breite Kesselthal von Macugnaga, im Hinterrheinthal der schöne Thalkessel von Schams, dessen Engpaß am nördlichen Ausgang, die Via mala, alle Kennzeichen einer späteren Entleerung des früheren Sees an sich trägt, so wie sich noch früher der See des Rheinwaldthales durch die Roffla in den Circus von Schams entleert haben mag. Auch das Engelberger Thal in Unterwalden erscheint als eine große Weitung eines einzelnen Hauptthales. In den Alpen sind aber die Einsturzthäler nicht allein an die Form der Kessel gebunden, sondern sie können, nach Studer, wenn die Einstürze über Spalten stattgefunden, sich als lange Kanäle gestaltet haben, die tief in mächtige Gebirgsmassen einschneiden und oft mehrere Ketten zugleich durchsetzen. Ihr Thalboden ist, wie bei den Kesselthälern, breit und flach, oft auffallend eben; die Seitenwände erheben sich vertikal und durchbrechen alle Schichtenlagen des Gebirgs bis an eine obere Kante, über welcher ein weniger steiler Abhang nach den obersten Rücken und Gräthen ansteigt. Wenn man in der Nähe dieser Kanten steht, so kann man das tiefere Einsturzthal ganz übersehen und sich nur durch einen flachen Thalgrund von dem jenseitigen Abhang getrennt glauben. Studer unterscheidet daher in den meisten Fällen zwei nach Gestalt und Entstehung verschiedene Thäler, ein älteres und oberes, das zum Theil Erosionscharakter trägt, und ein jüngeres, tiefer liegendes Einsturzthal. Diese Bildungsform zeigen in den Alpen besonders deutlich die Thäler von Gasteren, Lauterbrunnen, Meiringen, Glarus, und wo durch spätere Einwirkung der Erosion oder Entstehung von Schutthalden die Seitenwände anderer Thäler nicht mehr in ihrer ganzen Erstreckung vertikale Abstürze bilden, möchte dennoch ein Ursprung durch Einsturz über Spalten die wahrscheinlichste Annahme sein. Studer ist der Meinung, daß das von Finstermünz bis Chiavenna 16 geogr. Meilen lange Thal des Engadin und Bergell einen ähnlichen Ursprung habe, und begründet seine Ansicht auf folgende Weise. „In Unterengadin und Bergell vermag der Thalboden kaum über 3000′ sich zu erheben, dann gelangt man zu einer sehr steilen Stufe, dort bei Zernetz, hier am Maloja, die auf den 5000′ hohen, ausgezeichnet flachen Boden des Oberengadins führt, der, von einer Stufe zu der entgegenliegenden 6 geogr. Meilen lang, beinahe horizontal liegt; offenbar

hat dieser höhere Thalboden weit geringere Zerstörung erlitten, als der durch viele Felsstufen unterbrochene, oft schluchtartige Grund der beiden tiefer liegenden Thäler; er zeigt uns die ursprüngliche Oberfläche, an beiden Enden sehen wir die eingestürzte." Das ganze Thal mochte daher früher der obere Theil vom Längenthal des Inn gewesen sein, hat aber durch später erfolgten Einsturz diesen Charakter zum Theil verloren.

§. 113. Wenn die Stoß- und Tragkraft der Flüsse und Ströme Ursache der Thalbildung ist, so trägt sie anderseits auch wieder zur Ausfüllung der Thäler bei; denn es ist begreiflich, daß sich Geschiebe, Sand und Lehm täglich an den Ufern der Flüsse und Ströme anhäufen, und daß solche Ablagerungen schon in den frühesten Zeiten stattgefunden haben müssen. Wir finden daher in allen Gebirgen den Grund vieler Thäler oft bis in sehr große Tiefen von Schutt- und Geröllablagerungen gebildet, deren Entstehung durch Ströme sich oft deutlich zu erkennen gibt, während daß sie in andern Fällen die Entscheidung schwer machen, ob sie der fließenden Bewegung von Landgewässern, oder der Brandung und Strömung stehender Gewässer zuzuschreiben sind. Bilden solche Ablagerungen durch irgend ein Cement verbundene Konglomerate, so kann der Grad ihrer Kompaktheit Aufschluß über ihre Entstehungsweise geben; denn standen sie unter dem Druck stehender Gewässer, so wird durch Ausfüllung der Zwischenräume das Konglomerat kompakter geworden sein, als dies bei Flußkonglomeraten der Fall sein kann. Am sichersten aber leitet das Vorkommen organischer Ueberreste, die in solchen Bildungen von großer Ausdehnung selten ganz fehlen. Entstanden sie durch stehende Gewässer, so werden wir darin die diesen eigenthümlichen Thiere und Pflanzen antreffen, während die Stromablagerungen häufiger einzelne Theile von Landpflanzen, Knochen von Landthieren, oft ganze Gerippe derselben, eingemengt zeigen. Man trifft diese Bildungen, die freilich nicht immer als Konglomerate sich darstellen, an den Thalgehängen oft in großer Höhe, als ob der Strom einst das ganze Thal ausgefüllt hätte, und auffallend mächtig erscheinen sie in den Alpen; kleineres Geröll und größere Blöcke sind von meist vorherrschendem Lehm und Sand umwickelt, wobei sich selten eine Schichtung bemerkbar macht. In den größeren Hauptthälern hat sich früher der Boden auf dieselbe Weise gebildet, wie es jetzt noch geschieht, nämlich durch Ablagerung des Stromgeschiebes in die tiefen Abgründe, von denen die Seebecken am Ausgang dieser Thäler die letzten Ueberreste sind. Die verschiedenartigsten Gebirgstrümmer von älteren und neueren Formationen kommen in diesen Ablagerungen ohne Ordnung durch einander vor, die schweren, wie die größeren Blöcke, gemeiniglich tiefer, eingehüllt von Sand-, von Thon- und Mergellagern. Anstehende Gesteine, von denen man die Trümmer älterer Gebirgsmassen ableiten könnte, zeigen sich in der Regel weder unter ihnen, noch in ihrer Nähe, wol aber ruhen

sie theils mit dem Sandgebilde, welches sie einschließt, theils unabhängig von demselben, auf verschiedenen Gliedern des jüngeren Flötzgebirges. Sehr gewöhnlich sieht man es jenen Trümmern an, daß sie durch eine lange Einwirkung von Wasser Abrundung und Ebnung ihrer Oberflächen erlitten haben. Die Thalgründe, welche jetzt durch diese Ablagerungen ausgefüllt sind, waren sehr wahrscheinlich früher Seebecken; so vereinigten sich vielleicht, nach Studer, der Zürcher- und Bodensee früher bei Sargans und zogen sich bis Chur ins Gebirg hinein, ebenso mögen früher der Brienzersee und der Thunersee, die jetzt durch die Ablagerungen der Lütschinen und des Lombachs getrennt sind, sich von Meyringen bis weit unter Thun erstreckt haben, und der Langensee hat wol einst über die ganze Niederung bis über Domo d'Ossola hinauf und, am andern Ende, nach Bellinzona hinein sich ausgedehnt; der Umstand, daß alte Schriftsteller des Sees von Lugano nicht erwähnen, führt auf die Vermuthung, daß er früher einen Theil des Langensees gebildet habe, wenn man ihn nicht durch Einsinken des Bodens in der historischen Zeit, vielleicht im 6. Jahrhundert, wo seiner Gregor von Tours zuerst erwähnt, will entstehen lassen. In den kleineren Thälern werden wir indeß diese Schuttmassen nicht in allen Fällen durch die regelmäßige Ablagerung von Stromgeschieben erklären können, vielmehr mit Studer und Escher annehmen müssen, daß dieselben das eine Mal von lokalen Bergstürzen und der langsam fortschreitenden Zerstörung von Felsen, in andern Fällen von Schlammströmen (Ribinen, Rüfenen), in noch andern von Gletschern herrühren, und im letzterwähnten Falle entweder unmittelbar als Gletschergandeke, oder mittelbar durch Ereignisse, wie dasjenige, welches das Bagnethal im Wallis betroffen hat. Im Hintergrunde dieses Thales setzte sich, nach Escher, in einer Thalenge durch häufig von einem hohen Gletscher herabgestürzte Eisstücke ein neuer Gletscher an, der den Wasserabfluß aus dem Hintergrunde dieses Thales endlich ganz absperrte und dadurch einen See bildete, welcher, bei mehr als 200 Fuß Tiefe, eine Wassermasse von mehr als 600000 Kubikklafter enthielt. Den 16. Juni 1818 brach diese Wassermasse plötzlich durch den Gletscher durch, stürzte mit verheerender Wuth durch das acht Stunden lange Thal hinaus in das Hauptthal von Wallis herab, wo sie sich bei Martinach mit der Rhone vereinigte und durch diese einen Theil der mitgeschwemmten Trümmer dem Genfersee zuflutheté. Diese Fluth glich aber nicht einem Wasserstrom, sondern einem furchtbaren, in wüthender Bewegung sich befindenden Bergsturz; Felsblöcke, ganze Gruppen von Tannen, Schutt jeder Art, Häuser, Scheunen und deren Bruchstücke rollten über einander hin, und die Wassermasse war so sehr damit beladen, daß man das Wasser nicht sah, sondern das Ganze einer schlammigen Trümmerfluth glich, die Alles mit sich fortriß, was ihr entgegen oder zur Seite stand. Diese Fluth dauerte ungefähr eine halbe Stunde, um durch irgend eine

Thalstelle durchzudringen, lieferte also, ohne die Schuttmasse, in jeder Zeitsekunde 330 Kubikklafter Wasser und hatte in derselben Zeit eine Geschwindigkeit von 33 Fuß. In der untern Hälfte des ziemlich engen Thales hatte sie viele hundert Granitblöcke, die am Fuß des Gebirges theils freiliegend, theils in alten Schutthalden vergraben lagen, und von denen mehrere tausend Kubikfuß Körperinhalt haben, mehrere tausend Fuß weit mit sich fortgewälzt, ja einer dieser Blöcke hat volle 10000 Kubikfuß Körperinhalt. In der ganzen offenen Gegend von Martinach lagen Schutt, Schlamm und Trümmer beinahe bis zu derjenigen Höhe angehäuft, welche die Oberfläche der Fluth hier erreichte. Solche und ähnliche Ereignisse mögen in früheren Perioden unsers Planeten noch viele und großartigere vorgekommen sein, deren abgesetzte Schuttmassen wir jetzt in den Thalgründen antreffen. Man nimmt daher auch an, daß z. B. im Schwarzwald die Hauptmasse der Geröllablagerungen, welche den Thalboden in seiner ganzen Breite und oft über 30 Fuß hoch überdecken, dem Ausbruch früherer Seen, die in den inneren Hochthälern lagen, zugeschrieben werden müsse, und zwar um so mehr, da bei diesen Ablagerungen keine Schichtung wahrgenommen wird. Stratifizirte Ablagerungen von Geröllen müssen aber in der Regel auf die mehr regelmäßige Bewegung von Wasserströmen zurückgeführt werden. „Räthselhafter noch als in Gebirgen, sagt Studer, erscheinen die mächtigen Ablagerungen von Geröllen, oder von Sand und Lehm in den Niederungen der Hügelländer. Längs des ganzen Alpensystems finden sich in einer bei 6 geogr. Meilen breiten Zone mächtige Geröllmassen, die an der äußeren Grenze der Zone sich mit Lehm und Sand mengen und zuletzt durch sie verdrängt werden. Wer je noch diese Gerölle sorgfältig untersucht hat, gewann die Ueberzeugung, daß nur Ströme sie abgelagert haben können. Sie sind horizontal, obgleich roh und oft unklar geschichtet; wo sie zu Konglomeraten verküttet sind, bemerkt man leere, mit Sinter ausgekleidete Räume, alle Geschiebe sind gerollt; von organischen Ueberresten findet man nur vereinzelte, oft ebenfalls gerollte Knochen von Landthieren, niemals eine Spur von Seethieren.“ Längs der französischen Alpen und dem Jura bis an die Meeresküste bedecken diese Geröll- und Sandmassen weite Ebenen in oft großer Mächtigkeit, sie finden sich in der Umgebung von Genf und haben in der Gegend von Bern zur Bildung einer beinahe ebenen Thalfläche beigetragen, indem sie die vielen Unebenheiten des Grundes größtentheils ausfüllten; auch das südliche Deutschland ist die Schaubühne dieses Theiles der Archäologie unsers Planeten, wo namentlich auf der Hochebene von München sich diese Geschiebe die Stromthäler aufwärts bis zu ihrem Stammorte in den Alpen verfolgen lassen. Aehnliche Erscheinungen lassen alle größeren Stromthäler und die angrenzenden Niederungen erkennen; so z. B. bei Basel, wo die dortigen, oft 80 Fuß hohen Kiesmassen Gerölle des

Jura und Schwarzwaldes enthalten, die durch die Ergolz, Birs und Wiese abgelagert wurden. Weiter dem Rheine nach abwärts, zwischen Basel und Köln, findet sich das Stromthal größtentheils mit einem Alluvium *) bedeckt, das eine ältere Strom- oder Seebildung, jedenfalls einen ruhigeren Wasserstand annehmen läßt. Dieses Alluvium heißt in den Rheingegenden Löß, und ist, nach Leonhard, ein gelblich-grauer Lehmniederschlag, ein feinstaubiges, lockeres, im Bruche erdiges Gemenge von Thon-, Kalk- und Kieseltheilchen und sehr kleinen Glimmerblättchen, das zu einem sehr feinen, leicht zerreiblichen und bei anhaltend trockener Witterung in Staub zerfallenden Sandstein wird. Man findet das Gebilde hinter Vorsprüngen der Thalwände und an solchen Orten, wo die Wasser weniger stark strömen und sich stärkere Ablagerungen absetzen konnten. Es bedeckt daher z. B. die Berge des Kaiserstuhls, einer kleinen Gruppe vulkanischer Berge unterhalb Basel, bis an die Gipfel, und findet sich weit hinauf an den Abhängen des Siebengebirges bei Bonn und anderwärts. Oft umschließt der Löß kalkig-sandige Konkretionen oder Nieren, die selten die Größe einer Mannshand erreichen und Lößkindchen genannt werden. Der Löß bedeckt Gerölle, Muschelsand, auch manche ältere Felsmassen und erreicht hin und wieder eine Mächtigkeit von 200 bis 300 Fuß, oder bildet sogar Hügelzüge, die sich bis zu 500 Fuß über den jetzigen Thalboden erheben. Man trifft in demselben fast unveränderte Süßwasser- und Landmuscheln, letztere in überwiegendem Verhältnisse, an, sämmtlich noch lebenden Arten angehörig. Analoge Lehm- und Lößbildungen sind, nach Studer, in den Thälern des Neckar, der Donau, der Garonne und anderer Ströme nachgewiesen worden, und überhaupt ließen sich solche Thatsachen, wie die in diesem §. bisher angeführten, aus allen Gegenden der Erde noch durch andere vermehren, wenn Raum und Zweck des Buches es gestatteten und die erwähnten Beispiele nicht hinreichten, über die derartige Wirksamkeit älterer und jüngerer Stromwasser die für unseren Zweck genügende Belehrung zu geben. Ueber die Art aber, wie solche Erscheinungen zu erklären und auf ihre Ursachen zurückzuführen seien, lasse ich zum Schlusse Studer sprechen. Er sagt: „Wird man von der einen Seite, durch die Ausfüllung der Thalgründe mit oft unergründlichen Geröll- und Lehmmassen, zur Annahme gezwungen, daß ursprünglich die Thäler tiefer gewesen seien, so sprechen, von anderer Seite her, die Thatsachen auch für einen einst höheren Wasserstand und für eine größere Stromgeschwindigkeit. Beide Resultate, wenn man sie als gleich-

*) Unter Alluvium versteht man Sand, Grus, Erde, Steine und andere transportirte Materien, die von Flüssen, Fluthen und anderen Ursachen auf dem Lande, welches nicht permanent unter dem Gewässer von Seen und Meeren begraben war, weggewaschen und abgesetzt worden sind.

zeitige betrachtet, sind schwer vereinbar, da die Ströme kaum zugleich die alte Thalsohle mit Geröllen überlagern und auch, bei einer Tiefe von mehreren hundert Fuß, Geröllbänke an ihrem hochliegenden Ufer bilden konnten; die in der Höhe vorkommenden Geröllablagerungen, scheint es, müssen in der Nähe des damaligen Stromgrundes entstanden sein. Dann hätte sich also der Strom sein tieferes Bett erst später gegraben und noch später wieder auf das jetzige Niveau der Thalsohle angefüllt. Oder, man muß das ganze Thal bis zur Höhe der höchsten Geröllbänke mit Geröll anfüllen und dieses nachher durch den Strom bis zu dem gegenwärtigen Bestand wieder wegräumen lassen. Welcher von diesen in gleichem Grade unwahrscheinlichen Annahmen man auch beipflichten möge, jedenfalls ist man genöthigt, jedem Versuch, diese Erscheinungen auf ihre Ursachen zurückzuführen, sehr lange Zeiträume zuzugestehen."

Sowie die Ströme an ihren Meeresmündungen durch die von ihnen herbeigeführten Massen von Geschiebe, Sand und Schlamm Meeresdelta's (§. 109) bilden, auf dieselbe Weise und durch dieselbe Ursache entstehen auch Seedelta's. Jeder Fluß nämlich erleidet, wie wir wissen, da wo er in stehendes Wasser ausmündet, eine fast gänzliche Hemmung seines Laufes, er läßt den Sand und Schlamm fallen. Geschieht dies nun zu beiden Seiten der Mündung, so verlängern sich die Flußufer in das stehende Gewässer, und es entsteht zwar nicht ein Delta, aber eine Erdzunge, auf welcher der Strom fließt; wenn aber der Schlamm und Sand in der Mündung selbst liegen bleibt, so bildet er Flußinseln, durch welche die Mündung getheilt und der Strom in zwei Arme gespalten wird, die durch fortgesetztes Ansetzen von Land sich verlängern und von der Flußinsel aus divergiren; dies sind die eigentlichen Delta's. Meeres- und Seedelta's unterscheiden sich von einander dadurch, daß erstere unter Mitwirkung der Ebbe und Fluth entstehen, der am meisten bezeichnende Unterschied zwischen beiden liegt aber in der Beschaffenheit der organischen Reste, die in ihren Schichten eingeschlossen sind, indem die Seedelta's natürlich nur organische Ueberreste von solchen Thieren enthalten können, die auf dem Lande oder in Flüssen und Landseen leben, während daß in den Meeresdelta's ein Gemisch oder am häufigsten ein Vorherrschen von Resten der Meeresgeschöpfe beobachtet wird. Diese Deltabildung ist übrigens vorzüglich geeignet, uns einen Begriff von der einschneidenden und aushöhlenden Kraft der fließenden Gewässer auf das Land zu geben, mehr vielleicht noch, als die getrennte Untersuchung der Wirkungen derselben Ursache in großen Thalsystemen. Es geht dies aus dem oben angeführten Beispiel des Gangesdelta's hervor, und auch die Delta's der Seen können zum Beleg dieses Satzes dienen. Die Erosion der Kander, von welcher oben die Rede war, hat sich seit 1714 schon ein bedeutendes Delta im Thunersee gebildet, das, mit einer Böschung von 31°,

bereits eine Ausdehnung von 162 Jucharten und 32838 Quadratfuß hat (1 Juchart = 40000 schweiz. Quadratfuß), wovon 62 Juchart mit Wald bewachsen, und die übrigen 100 Juchart Wiese, Morast und Kiesboden sind, und doch hat der Thunersee an der Stelle dieses Delta's eine Tiefe von 200 Fuß. Das Delta der **Linth**, mit einer Böschung von 22½°, an der Mündung des Molliser Kanals, ist seit 1811 bereits so angewachsen, daß man neue Versumpfung besorgt (Studer). Das Delta der **Rhone**, mit einer Böschung von etwa 10°, besteht aus einer flachen aufgeschwemmten Ebene, die über eine Meile lang ist; Port Valais (Portus Valesia der Römer), welches einst am Ufer lag, ist jetzt über ½ Stunde davon entfernt, und der dazwischen liegende angeschwemmte Landstrich ist also seit etwa 1800 Jahren entstanden. Natürlich zeigt auch dieses Delta, wie die meisten andern an Binnengewässern, eine bedeutende subaquatische Verlängerung; denn eine von St. Gingoulph nach Vevay gezogene Linie gibt eine mittlere Tiefe von etwa 500 Fuß, und von dieser Linie an bis zur Mündung der Rhone findet man überall auf dem Boden den Flußschwamm. Weiter aufwärts bis St. Maurice ist der Thalboden offenbar eine Ausfüllung des alten Seebeckens. Das Delta der **Maggia** bei **Locarno** hat, bei einer Seetiefe von 200 Fuß, die Breite einer Schweizerstunde und eine fast eben so große Länge. Die Landenge, welche den Thuner- und Brienzersee trennt, muß ebenfalls als ein Delta der Lütschinen und des Lombachs angesehen werden, anderer noch größerer Bildungen dieser Art aus frühester Zeit hier nicht zu gedenken.

Veränderungen anderer Art, welche ebenfalls Flüsse und Seen betreffen, findet man an unzähligen Stellen der Erdoberfläche; von den meisten ist aber keine Ueberlieferung vorhanden, sie sind geologische Urkunden, die auf sehr frühe Zeiten der Erde hinweisen. Dahin gehören: das Verlassen alter Flußbetten und Bildung ganz neuer; Veränderung in der Richtung und Lage der Flußbetten; gänzliches Verschwinden von Flüssen; Verwandlung stehender Wassersammlungen oder Landseen in Thäler mit einem fließenden Wasser, wovon oben schon Beispiele angeführt worden sind; Verkleinerung, Vergrößerung oder überhaupt Veränderung der Gestalt von Landseen aus verschiedenen Ursachen. Die nähere Beschreibung und Erläuterung solcher Erscheinungen muß aber, weil sie die Grenzen dieses Buches überschreiten würde, hier unterbleiben. Dagegen erheischen die **Knochen- und Tropfsteinhöhlen** einige Erläuterungen, da sie nicht so leicht, wie die letztgenannten Erscheinungen, sich aus dem Bisherigen erklären lassen. Diese Höhlen sind Spalten, Kanäle, Grotten, welche in verschiedenen Gebirgsarten, hauptsächlich in Kalk-, Gyps- und Dolomitgebirgen vorkommen, und diejenigen im Kalk und Gyps sind meist mit einander durch Gänge verbunden, deren Charakteristisches eine vorherrschend wagrechte oder sanft geneigte

Lage ist, seltener nur und wo offenbar Spalten und Klüfte das Gebirg durchsetzen, sind sie senkrecht oder stark geneigt. Diese Erscheinung, verbunden mit der leichten Auflöslichkeit der Gebirgsart, in welcher diese Höhlen zu Hause sind, macht es sehr wahrscheinlich, daß die meisten derselben durch Bodenwasser, noch mehr aber durch Wasserströme entstanden sind, wobei die ursprünglich vorhandenen Spalten, welche in Kalk- und Gypsgebirgen so häufig vorkommen, den Wasserströmen den Weg verzeichnet haben. Andere dagegen mögen ursprünglichen Wirkungen ihr erstes Dasein verdanken, wenn Kalksteinmassen bei unruhigem, stürmischem Niederschlag abgesetzt wurden, oder die Einwirkung aufsteigender Gasblasen erfuhren, welche sich durch den noch weichen oder wieder erweichten Kalkschlamm nicht durchzudrängen vermochten. Dieser Fall scheint besonders bei denjenigen Höhlen gewiß zu sein, welche in dem durch eine spätere Revolution, die mit Aufblähungen der Masse und inniger Durchdringung mit vulkanischen Dämpfen verbunden war, entstandener Dolomiten (Verbindung von kohlensaurem Kalk mit kohlensaurer Bittererde) sich vorfinden. Sonst aber beweist die gegenwärtige Form sehr vieler Höhlungen und die Beschaffenheit ihrer Wände deutlich, daß sie durch allmälige Auswaschungen von Gewässern gebildet worden sind, woher es auch kommt, daß die schönsten Höhlen in weichem, reinem Gyps sich finden. Wo wir dagegen in Höhlen stark vorspringende Kanten und Ecken, oder gewaltsam zerbrochene Felsen finden, da kann keine Erosion angenommen werden. Die Knochen dieser Höhlen liegen, meist zerstreut und oft zertrümmert, entweder in einer durch Kalksinter verkitteten Breccie von Kalktrümmern und Knochen, oder, und dies ist das Gewöhnlichere, in einer öfters von animalischen Theilen schwarz gefärbten Erde, die oft viele Fuß mächtig ist. In den einen Höhlen sind die Oeffnungen in der Decke oder auf den Seiten, und manche derselben sind so groß, daß sie großen Thieren den Eingang gestatten, weshalb es wahrscheinlich ist, daß ganze Generationen von Thierarten sie bewohnt haben, und darin, vielleicht zu verschiedenen Epochen, abgestorben sind. Die braunrothe, ochrige Erde, womit die Gänge mancher dieser Höhlen ausgefüllt sind, ist ein Zersetzungsprodukt des etwas Eisen haltenden Kalksteins durch Wasser. Die meisten dieser Höhlen sind zugleich T r o p f s t e i n h ö h l e n. Die Tropfsteine oder S t a l a k t i t e n sind ein Auflösungsprodukt des Wassers, das mit Kohlensäure geschwängert ist; verliert es seinen Ueberschuß an dieser Säure, so setzt es die Kalkerde zwar in geringer Quantität, aber doch in genügender Menge wieder ab. Dieser Vorgang erfolgt ununterbrochen durch die Decke der Höhlen, besonders wenn sie vegetabilische Erde und Pflanzen trägt. Die modernden Wurzeln entwickeln eine große Menge freier Kohlensäure, welche das Regenwasser aufnimmt und sich damit allmälig in das feste Gestein einfrißt und immer mehr und mehr vordringend, die Masse desselben in einen fein durch-

löcherten Schwamm verwandelt, so daß es, je mehr die Masse mit der Länge der Zeit aufgelöst wird, immer lebhafter zufließt. Es entsteht daher ein ununterbrochenes Tröpfeln von der Decke herab, und wo die austretenden Tröpfchen in Berührung mit der Luft in den Höhlen verdunsten, bildet sich ein krystallinisches Kalkblättchen; sind die Tropfen so fein, daß sie noch an der Decke hangend verdunsten, so bilden sich von ihr abwärts zapfenartige Gestalten gleich Eiszapfen, welche, aus konzentrischen Ringen durchscheinender Krystallblättchen gebildet, die sonderbarsten Gestalten annehmen; fallen aber die größeren Wassertropfen an den Wänden herab und auf den Boden, so entstehen durch ihre Verdunstung Rinden voll kugelförmiger und nierenförmiger Unebenheiten, die man Stalagmiten heißt. Ist das Wasser durch Kohle der Dammerde oder ein sonstiges Pigment der Decke gefärbt, so wird der Tropfstein farbig, und der Wechsel beider gibt die marmorirten Gebilde. Die berühmtesten dieser Höhlen sind, in Deutschland: die Baumannshöhle, Bielshöhle und Scharzfelderhöhle, alle drei im Harz und erstere besonders durch ihre Stalaktiten berühmt, die Sündwich- oder Prinzenhöhle in Westphalen, in welcher man eine zum Blasen eingerichtete Muschel von der Art gefunden, deren sich die Maron-Neger als Kriegstrompeten bedienen, die vielen Höhlen bei Muggendorf im Baireuthischen, die Gailenreuther Höhle ebendaselbst, die aus 6 bekannten Abtheilungen besteht, in deren 5ten man schon einen eigentlichen Modergeruch wegen der vielen Thierreste empfindet, die Adelsberger Höhle in Krain, aus einer Folge großer Säle bestehend, die vom Bache Pinta, der auch einen unterirdischen See bildet, durchströmt werden; in Frankreich: die Höhle von Echenoz (Haute-Saone), die Höhle von Oiselles, unterhalb Besançon, lang, aber meist unregelmäßig und enge, die Höhle von Pondres (Gard), sie ist ganz mit Schlamm und Knochen angefüllt, die zum Theil benagt sind, die Grotte von notre Dame de Balme in der Dauphine, groß, aber unzugänglich u. a. m.; in England: die Höhle von Kirkdale, nördlich von York, in welcher eine große Menge von Thierresten gefunden wurden, die Höhlen von Banwell und Hutton in Sommersetshire, die mit Knochen erfüllten Höhlen von Oreston bei Plymouth. Auch anderwärts, in Belgien, Oberitalien, Sicilien, in Asien, Neu-Holland, Nord- und Südamerika finden sich solche Höhlen.

Endlich sind unter die Wirkungen der Erosion noch diejenigen durch Quellen zu zählen. Die Katabotra in Böotien, die Kalkschlotten in Thüringen, die Entonnoirs im Jura (§. 89), und die oft bedeutende Größe der durch Mineralquellen im Inneren des Bodens entstehenden Räume (§. 92) sind dahin zu rechnen. Es gehören dahin ferner die, wenn auch geringen, Anhäufungen von sinterartigen Gesteinen, die

sich bei Mineral- und besonders Thermalquellen auf der Oberfläche gebildet haben, die von denselben Quellen in oft nicht unbeträchtlicher Menge abgesetzten Schwefelsilicate, Schwefel, Gyps, Eisenocher, Sphärosiderite und andere Mineralien, die manchmal kleine Lager ausmachen, alles Bildungen, die an mehreren Orten nach nicht ganz kleinem Maßstabe auch noch in der historischen Zeit fortgeschritten sind. Auch das Bohnerz im schweizerischen Jura, in der Freigrafschaft Burgund, zu Kandern im Breisgau, in der württembergischen Alp ist eine Sedimentbildung von Quellen. Die Hauptmasse dieser Bildung besteht aus einem meist rothen oder gelben, sonst auch verschieden gefärbten Thon, worin bald zerstreut, bald dicht gedrängt Körner und Kugeln von Bohnerz (Eisenoxydhydrate, Eisenoxydulsilicate) enthalten sind, deren Größe von Linsen- bis Eigröße schwankt. Der Thon bildet entweder für sich, oder mit seinen Einlagerungen unklar geschichtete Sedimentmassen auf sehr verschiedenen, vorzüglich auf kalkigen Felsarten und insbesondere auf Jurakalk. Man findet die Erze bald in mulden- und kesselförmigen Vertiefungen, bald sind sie in trichterförmigen, zu Tage ausgehenden Höhlungen, in Spalten und Klüften abgelagert und von jüngeren stratifizirten Bildungen bedeckt. Quellen von Eisenwassern haben, nach der Ansicht der Geognosten, diesen Eisenthon in den Klüften der Kalkgebirge abgesetzt und durch sprudelnde Bewegung die Bohnerzkugeln gebildet, und zwar in verschiedenen Epochen der Erdbildung, indem die verschiedenen Bohnerzbildungen theils einer relativ sehr neuen, theils sehr frühen Zeiten angehören.

§. 114. Auch im festen Aggregatzustande, als Eis und als Schnee, trägt das atmosphärische Wasser zu Veränderungen auf der Erdoberfläche bei, welche einer jüngeren und einer älteren Zeit angehören. Wenn im Frühling und Sommer unter dem Einfluß von warmen Regen und Winden die Schneedecke, welche während der kälteren Jahreszeit unter höheren Breiten beider Hemisphären den Erdboden und die polaren Eisfelder überlagerte, verschwindet, um dem neu erwachenden Leben der Vegetation Platz zu machen, so wissen wir aus §. 53, daß dieselbe auf hohen Gebirgen und in der Nähe des Pols liegen bleibt, und wir nennen die Linie, welche die untere Grenze dieser niemals wegschmelzenden Schneedecke bezeichnet, Schnee- oder Firnlinie (§. 53). In Hochgebirgen unterscheidet man an den Schneemassen deutlich Schichten, von einigen Fuß bis zu mehreren Klaftern Mächtigkeit, und offenbar rührt diese Schichtung von Unterbrechungen im Schneefall her, jedoch muß die Schneefläche, die eine Zeitlang die oberste war, damit der auf sie fallende Schnee eine von ihr getrennte Schicht bilden kann, vorher eine Veränderung entweder durch Schmelzung, oder durch Frost, oder durch Verunreinigung erlitten haben. Diese Schichtung tritt dann auch im Eis der Gletscher wieder sehr deutlich auf. Im Allgemeinen bemerkt man im Hoch-

gebirg eine mit der Höhe zunehmende Dicke der Schneemassen, doch bleiben dieselben innerhalb gewisser Grenzen, und da jedes Jahr neuer Schnee auf sie fällt, so setzt diese jährliche Zunahme eine ungefähr gleich große Abnahme voraus, welche durch theilweises Abschmelzen und Verdampfen der obersten Schicht, vorzüglich aber durch das Abfließen der untersten Schichten erfolgt. Von diesen Schneemassen herabstürzende größere Lasten heißen bekanntlich Lauwinen, und zwar Staublauwinen, wenn die Masse mehr fällt als rutscht, und im Fallen durch den Widerstand der Luft zerstäubt; Grundlauwinen, wenn sie längs dem Bergabhang herabgleitet oder herabrollt. Die Veränderungen, welche besonders Lauwinen der letztern Art hervorbringen, sind theils vorübergehend, wenn ihre Ablagerungen in tiefern Thälern durch die Sommerwärme weggeschmolzen werden, theils bleibend, wenn durch den Stoß und die Schwere ihrer Masse, oder durch den Druck des durch ihren Fall erzeugten Windes Bäume entwurzelt oder zerknickt, ältere Schutthalden weggerissen und große Massen von Trümmern jeder Art fortgewälzt und in der Tiefe zu Schuttkegeln angehäuft werden. Aus den nie wegschmelzenden Schneemassen wachsen, nach §. 53, die Gletscher hervor, welche ihre größte Entwicklung in den nördlichen und südlichen Polargegenden erreichen, wo sie sich öfters von den Gebirgen bis an die Küsten und oft weit über sie hinaus erstrecken. Dort geben sie, wenn nicht allen, doch dem größten Theile der Eisberge (§. 81) ihre Entstehung; denn ihr vertikaler Absturz soll oftmals eine Höhe von 1000 Fuß erreichen. Auf Spitzbergen hat der längste Gletscher 18520 Meter Länge und über 6160 Meter Breite. In Island, wo die untere Schneegrenze bei 2500′ bis 3000′ beginnt, sind alle höheren Gebirge mit ewigem Schnee bedeckt, von welchem sich die Gletscher bis tief hinab in die Thäler der Insel und bis zum Meeresgrund senken, und theils durch ihre Zerspaltung, theils durch die lebhafte blaue Farbe ihres Eises eine hohe Schönheit haben. In Asien haben der Thian-schan und der Küen-lün die beträchtlichsten Gletscher, ebenso die höheren Theile des Kaukasus, wo sie zum Theil sehr zerspalten sind. Doch am mannigfaltigsten tritt diese Gletscherwelt in dem auf beiden Seiten von 45° N. Br. gelagerten Alpensysteme auf; man zählt darin 600 Gletscher, welche eine Fläche von etw 100 geogr. Quadratmeilen bedecken und in 20 Gruppen vertheilt sind, welche an einigen Orten Eismeere heißen. Von diesen 600 Gletschern kommen, nach Ebel, 400 mit einem Flächenraum von 50 Quadratmeilen allein auf die Schweiz. Die bedeutendsten Gletschergruppen finden wir in der Umgebung des Finsteraarhorns in den Berneralpen, in derjenigen der Dent-Blanche in den penninischen Alpen, am Adulagebirg und Bernina in Bündten; östlich davon liegen die Gletschergruppen des Ortles, der Oezthaler-Ferner, des Groß-Venediger und Groß-Glockner; westlich diejenigen des Mont-

blanc, der Grandes-Rousses und des Mont-Pelvour. Von den Gletschern der Schweizeralpen sind sehr viele 6 — 7 Stunden lang, ½ bis ¾ Stunden breit und 100 bis 600 Fuß mächtig. — Sieht man die Gletscher, die in den Thälern des Hochgebirges eingeschlossen, oder an den Seiten der Bergketten gleichsam aufgehängt sind, aus der Ferne, so scheinen sie wie Ströme von Schnee von den hohen Kuppen der Berge herabzustürzen, um sich in das Thal zu ergießen; selbst in größerer Nähe hält es oft noch schwer, sich zu überzeugen, daß es wirkliches Eis und kein Schnee ist, woraus die Masse besteht, welche man vor sich hat. Die Gletscher sind aber nicht fertige Gebilde in dem Sinne, daß sie nach allen ihren Dimensionen unverändert blieben, vielmehr nehmen sie zu und ab; Wälder und bewohnte Orte sind durch sie verdrängt, die Straße von Frankreich nach Piemont über den Mont-maudit ist durch Eis auf zwei Lieues lang und eine halbe breit unwegsam geworden; weidereiche Alpen und Wiesen sind von ihnen bedeckt worden, dagegen hat man wieder die unverkennbarsten Spuren in großer Anzahl, daß Gletscher abgenommen haben, indem Theile der Gebirgsabhänge und der Gebirgsthäler früher mit Eis bedeckt waren, die jetzt davon befreit sind. Die genauesten Beobachter der Gletscher sind daher entschieden für einen sich in gewissen Zeiträumen haltenden Wechsel von Vermehrung und Verminderung derselben, und diese Zu- und Abnahme steht offenbar mit der Menge des Schneefalls, mit kalten und nassen, oder trockenen und warmen Sommern, ferner mit der Lage, Richtung und Gestalt der Flächen und Abhänge, mit unbesonnenem Abtrieb der Wälder und anderen Ursachen in Zusammenhang. Die Zunahme eines Gletschers ist sein Vorschreiten, eine Bewegung, welche in den Alpen jährlich bei 200 Fuß betragen kann und die die Eismasse meist auf felsiger Unterlage macht. Es ist natürlich, daß bei der Bewegung einer solchen Masse alle beweglichen Gebilde unter ihr zerrieben und zermalmt werden, und es kann daher die Unterlage nicht unverändert bleiben, indem die von der Gletschermasse bewegten Steintrümmer, Kiesel und Sandkörner unter dem mächtigen von ihr ausgeübten Drucke wie in einem Polirwerke arbeiten; die felsige Unterlage wird geglättet, und zwar vollkommener als dies je strömendes Wasser vermag. Keine Felsart macht hievon eine Ausnahme, harte Gesteine und Gesteinsbestandtheile werden ganz gleich abgeschliffen, wie weichere Gesteine und Gesteinsbestandtheile. Agassiz hat unter einem Gletscher diese Schliffflächen beobachtet und dabei wahrgenommen, daß eine Lage abgerundeter Kiesel den Gletscher vom festen Fels trennen. Diese Schliffflächen sind aber nicht immer durchweg glatt, sondern gewöhnlich geritzt und gefurcht; die Ritzen sind grobe oder feine Striche, wie sie das Stromgeschiebe niemals zieht, meist mehrere unter sich parallel, zuweilen sich unter schwachen Winkeln kreuzend; die Furchen, die zuweilen ebenfalls geritzt erscheinen, sind gradlinige, 1 Zoll bis über 1 Fuß breite,

flache Hohlkehlen. Beide, die Furchen und die Ritzen folgen ihrer Richtung nach in der Regel der Längenausdehnung des Gletschers, und sind unter ihnen selber entweder überstimmend, oder schneiden sich in schiefer Lage. Die Schliffflächen sind ferner nicht immer eben, sondern manchmal mit Rundhöckern verbunden, die im Großen gerade so aussehen, wie im Kleinen die Erhöhungen an Nieren; sie haben einen Durchmesser von 10 bis 100 Fuß. In allen seinen Theilen ist der Gletscher von flüssigem Wasser durchdrungen, welches durch die Haarspalten die ganze Masse durchsetzt. Diese Infiltrazion des flüssigen Wassers in das Eis ist, nach den Beobachtungen von Agassiz, die Triebkraft der Gletscherbewegung, und dabei hat sich ergeben, daß die Gletschermitte beträchtlicher vorrückt, als die Ränder, weil die Mitte der Gletscheroberfläche durch Schmelzen, wie Verdunsten, stark abnimmt. Das Vorrücken geschieht aber durch Gefrieren des einsickernden Wassers, und Messungen haben gezeigt, daß das Gletscherende um die Hälfte langsamer sich bewegt, als die höheren Theile des Gletschers; die hauptsächlichste Vorwärtsbewegung geschieht, nach Agassiz, im Frühjahr. Wenn die von Gletschern abfließenden Wasser, als Wasserfälle von bedeutender Höhe, durch Löcher und Spalten von der Oberfläche des Gletschers auf den Grund von Kalkfels stürzen, so waschen sie Wasserlöcher und Kessel aus, und üben somit eine Erosion aus, wie wir sie auch bei gewöhnlichen Wasserfällen an Felsabsätzen, auf die ihr Wasser stürzt, zu beobachten gewohnt sind. Auch Karren kann das von Gletschern abtröpfelnde Wasser, wie das der Hydrometeore, bilden, und Charpentier hat unter dem Gletscher der Diablerets wirklich Karrenfelder beobachtet, nur findet Studer mehr Schwierigkeit, den Ursprung der zur Auflösung des Kalksteins nothwendigen Kohlensäure für Schmelzwasser unter einem Gletscher, als für das Wasser der Hydrometeore nachzuweisen. — Da die Gletscher meist an und zwischen Felswänden sich absenken, so kann es nicht fehlen, daß an einzelnen Stellen Gebirgsschutt und Felsblöcke herabfallen, die, indem sie vom Gletscher weiter geführt werden, wallartige Erhöhungen, Schuttwälle bilden, welche Gandecken, oder Moränen heißen. Gewöhnlich hat jeder Gletscher zu beiden Seiten gegen die Thalwände hin 2 Gandecken (Seitengandecken), deren jede vom obersten Felssturz ihrer Thalwand hinweg den Gletscher seiner ganzen Länge nach bis zum Ende begleitet. Wenn zwei Gletscher sich vereinigen, so vereinigen sich auch die einander zugewandten Seitengandecken, und es entsteht nunmehr eine von beiden Thalwänden sich entfernt haltende Mittelgandecke, oder Guferlinie (Felsschuttlinie). Erreicht all dieser Schutt das Gletscherende, so fällt er an diesem hinunter und bildet einen am ganzen vorderen Abfall des Gletschers sich erhebenden und beide Enden der Seitengandecken verbindenden Schuttwall, die Endgandecke. Diese Endgandecken sind es nun, welche uns über das periodische Vorrücken und Zurückgehen

der Gletscher belehren. Nimmt die Eismasse durch stärkeres Abschmelzen ab, so läßt der Gletscher die zuletzt gebildete Endgandecke zurück, welche nun in einem gegen den Thalausgang konvexen Bogen den vom Gletscher verlassenen Thalboden umschließt. Ist die Abnahme ununterbrochen fortschreitend, so wird von der Endgandecke bis zum Gletscherende der ganze Gletscherboden mit dem von Zeit zu Zeit abfallenden Schutte überstreut; geht dagegen die Eismasse periodisch zurück, indem sie für eine gewisse Zeit still steht, so wird sich während jeder Periode des Stillstehens eine neue Endgandecke bilden. Es ist einleuchtend, daß die vom Gletscherende entfernteste Endmoräne die älteste ist. Wenn dann nach einem gewissen Zeitraum an die Stelle der Abnahme ein Vorschreiten des Gletschers tritt, so wird das Gewicht seiner Masse sowol alle einzelnen Schutttrümmer des früher verlassenen Gletscherbodens, als auch die einzelnen Endgandecken, so viele ihrer sind, vorwärts stoßen und zu einem neuen, hohen und breiten Schuttwall anhäufen, und Studer bemerkt, daß zuweilen auf seinem Rücken die verschiedenen zusammengeschobenen Moränen sich an konzentrischen Depressionen erkennen lassen. Man begreift übrigens leicht, daß die Seitengandecken und Guferlinien bei den einzelnen Gletschern hinsichtlich ihrer Höhe und Masse verschieden sein werden, weil diese davon abhängt, ob das umstehende Gebirg viel oder wenig Schuttmasse und Trümmer liefert; es zeigen daher diese Wälle bald nur einige Fuß, bald 50 bis 100 Fuß Höhe. Auch die Bestandtheile sind verschieden; bei den einen Gletschern sind sie Erde, Schlamm und leichter Kies, bei anderen größere und kleinere Felstrümmer und einzelne Blöcke, die Hausgröße und viele tausend Kubikfuß Körperinhalt haben. Weil sich die Endgandecken aus dem Schutt und den Trümmern der Seitenmoränen und Guferlinien bilden, so ist es natürlich, daß sie an Höhe und Masse die Seitenmoränen meist bedeutend übertreffen, und eine Sammlung aller der Felsarten enthalten, die in der ganzen Ausdehnung des Gletschers und seiner Seitengletscher von dem umstehenden Gebirge herabfallen. Die Trümmer sind, was für gewisse, gleich nachher zu erwähnende Folgerungen nicht zu übersehen ist, verschieden gestaltet; die einen zeigen scharfe Ecken und Kanten, die anderen sind abgerundet, je nach dem sie zwischen dem Eis und den Felswänden eine Reibung erlitten haben oder nicht. Abgerundet sind besonders häufig die Trümmer der Seitenmoränen, indem sich der Gletscher bald von denselben zurückzieht, bald wieder denselben nähert und sie gegen die Felswände preßt, wobei die Trümmer ihre Schärfen verlieren; die Trümmerstücke, die sich diesem Drucke entziehen können, oder erst später zur Gandeck fallen, werden natürlich ihre scharfen Kanten und Ecken beibehalten. In den Guferlinien, die zwar aus zusammenstoßenden Seitengandecken entstehen, sich aber von deren Vereinigung an in der Mitte der Gletscheroberfläche halten, treffen wir in der Regel die meisten scharfkantigen und un-

abgerundeten Schutttrümmer an. In den Endgandecken endlich kommen gerundete und eckige Trümmer zugleich vor, so jedoch, daß die eckigen meist vorherrschen.

Die Schuttwälle der Endgandecken bleiben in den Alpen keineswegs nur auf das nächste Gebiet der jetzigen Gletscher beschränkt, vielmehr trifft man sie in Entfernungen von diesen, die uns einen Begriff von der einstigen viel größeren Ausdehnung des Gletschereises geben können. Viele derselben, besonders die entfernteren, gehören ihrer Entstehung nach ohne allen Zweifel einer vorhistorischen Zeit an; von anderen, späteren sind wir ohne alle Berichte, weil hinsichtlich der Gletscherverhältnisse die Erinnerungen der Alpenbewohner nicht weit hinaufreichen, oder wir besitzen darüber blos dichterische Sagen, wie z. B. in Betreff des Rosenlauigletschers, dessen Entstehung eine im Haslithal gehende Sage nicht viel über 100 Jahre hinauffetzt. Am Piz Linard, im Unterengadin, findet sich eine alte Gandecke in ziemlich bedeutender Entfernung vom jetzigen Gletscher, zwischen welchem und der Gandecke der alte Gletscherboden zum Theil von einem kleinen See bedeckt ist; ebenso im Sartigthal auf Davos. Andere Beispiele führt Studer an. Argentiere, im Hintergrunde von Chamouny, liegt zwischen zwei, wohl 100 Fuß hohen alten Gandecken, welche quer durch das Thal ziehen, in beträchtlicher Entfernung von den jetzigen Gletschern. Etwas nördlich vom Dorf Simplon durchschneidet die Straße drei alte Gandecken des Roßbodengletschers, der jetzt von der äußersten 7000 Fuß entfernt ist. Vor dem Seitenthal des Vieschergletschers erhebt sich, wohl 600 Fuß über dem Thalboden, eine mächtige Gandecke, auf welcher mehrere Dörfer stehen, und von welcher der jetzige Gletscher mehr als 12000 Fuß zurückbleibt. Eine bei 100 Fuß hohe Gandecke zieht sich bogenförmig durch den Hintergrund des Atronathales; hinter derselben dehnt sich ein Gletscherboden aus, von dessen Ende bis zu dem jetzigen Gletscher die Entfernung eine Stunde betragen mag; eine auf der Gandecke erbaute Kapelle, von welcher aus gegenwärtig der Gletscher gar nicht sichtbar ist, heißt oratorio de ghiaccio, woraus Studer mit Recht schließt, daß die größere Ausdehnung des Gletschers einer nicht sehr entfernten Zeit angehöre. Ganz mit diesen übereinstimmende Thatsachen ließen sich noch aus manchen anderen Alpenthälern anführen. Merkwürdiger aber ist die Erscheinung, daß außerhalb des Alpengebirges, in viel größerer Entfernung von den Gletschern, Hügelzüge getroffen werden, die in allen Beziehungen die Natur der Gandecken haben. So wird, nach Studer, die Ebene von Ivrea östlich von einem 600 bis 1000 F. hohen und sehr breiten Trümmerwall umschlossen; die Gestalt desselben, seine Zusammensetzung aus großen, eckigen Blöcken, die aus dem Hintergrunde der Aostathäler abstammen und von kleinerem Gebirgsschutt eingehüllt sind, lassen keinen Zweifel übrig, daß dieser Hügelzug, der vom nächsten Gletscher

am Südabhang des Monte-Rosa 7 geogr. Meilen entfernt ist, eine alte Gandecke sei. Aehnliche Schuttwälle kommen bei Holligen und Muri in der Nähe von Bern vor, deren Abstand von den Gletschern des Grindelwaldthales 8 Meilen beträgt. Von Lausanne bis Morges kann man einen Wall von Blöcken verfolgen, dessen Distanz von den jetzigen Gletschern des Mont-Velan auf 12 geogr. Meilen steigt. Solche Thatsachen beweisen auf's Evidenteste eine einstige, sehr große Ausdehnung der Eismassen, welche jedoch unstreitig einer vorhistorischen Zeit angehört. Das Auffinden solcher alter Gandecken läßt uns aber vermuthen, daß wir an Orten, die jetzt ganz vom Gletschereise befreit sind, Schliffflächen antreffen werden, die ihrerseits ebenfalls die Annahme einer früheren viel größeren Gletscherausdehnung unterstützen würden. In der That haben die Untersuchungen, welche in neuester Zeit darüber angestellt worden sind, diese Vermuthung auf eine überraschende Weise bestätigt. Solche geglättete und gefurchte Felsen in geringerer oder größerer Entfernung von jetzigen Gletschern müssen schlechterdings der starken Reibung harter Körper zugeschrieben werden, und sind auch überall, wo wir sie treffen, von den Schliffflächen, welche unter Gletschern beobachtet wurden, nicht zu unterscheiden. Es ist aber begreiflich, daß manche alte Schliffflächen durch spätere Erosion der Hydrometeore eine rauhere Oberfläche erhalten haben, und daß man sie an weichem, schieferigem Fels nicht zu suchen hat. Am deutlichsten treten sie auf in der Nähe der Gletscher, wo sie bei starker Vermehrung des Eises leicht wieder erreicht werden können. So geben sich alte Schliffflächen deutlich zu erkennen auf der Höhe des Berninapasses, an einer Stelle, von welcher sich der dortige Gletscher ziemlich weit zurückgezogen hat, und noch deutlicher und stark geritzt eine halbe Stunde vom Gletscher Sartig auf Davos; ferner am vorderen Rande des Vieschergletschers, wo wir geglättete Felsen und Rundhöcker antreffen; spiegelglatt gerieben und auffallend gefurcht auf der Höhe des Riffel in Zermatt, wo sie vom Gornergletscher herrühren müssen, der aber gegenwärtig wol 500 Fuß tief unter dem Serpentingrathe liegt, auf welchem sie sich befinden; ausgezeichnet polirt und geritzt im Thale der Allee-blanche an den Kalk- und Sandsteinfelsen der Cramontkette, gegenüber dem Brenvagletscher. In größerer Entfernung von den Gletschern, an Stellen, wo sich dieselben durch Thalwendungen dem Auge ganz entzogen haben, findet man ebenfalls zahlreiche Spuren solcher Schliffflächen. So scheinen der großen Gandecke von Ivrea am Ausgang des Aostathales die dort vorhandenen Gletscherspuren zu entsprechen, welche tiefer im Thal als geritzte und polirte Felsen wiederholt vorkommen. In Wallis sind ähnliche Beispiele in großer Entfernung von jetzigen Gletschern ebenfalls wahrgenommen worden, so namentlich an der Pissevache und bei Bex, wo zugleich Wasserlöcher vorkommen, wie sie die Sturzbäche der Gletscher auf dem

Gletscherboden aushöhlen. Auf der Grimsel und im Haslithal treten diese Verhältnisse am großartigsten und in einer weiten Ausdehnung auf; das Grimselspital (5880 Fuß ü. M.) ist von ausgezeichneten Rundhöckern und geritzten Felsflächen umgeben, die sich nach dem Aargrund und weit in die vergletscherten Thäler hinein ausdehnen. „In einer Höhe von etwa 3000′ über dem Aargrund, sagt Studer, sind aber die gerundeten Felsen ziemlich scharf in einer horizontalen Linie an den scharfkantigen Gneistafeln abgeschnitten, welche die höchsten Felsreihen und Gipfel des Gebirgs bilden, und da die Stratifikation des Gneises vertikal und die Steinart bis auf die höchsten Kämme stets dieselbe ist, so liegt der Gedanke nahe, daß der auffallende Unterschied in der äußeren Gestalt der tieferen und höheren Felsen nicht in einer ursprünglichen Verschiedenheit der Felsbildung, sondern in späteren Einflüssen der Erosion liege, und daß die Linie, welche die gerundeten von den scharfkantigen Felsen trennt, die Höhe bezeichne, die in früherer Zeit von den Gletschern erreicht worden ist.“ Der Aare nach abwärts trifft man an vielen Stellen theils Rundhöcker, theils Schliffflächen, am deutlichsten zwischen Räthrischboden und Handeck, im Gebiet des Gneisgranits, aber auch in der Tiefe, am Ausgang des Urbachthales und am Kalk des Kirchet fehlen sie nicht, und hier treffen sie mit der alten Gandecke zusammen, die im Thale von Meiringen bei Willigen durchzieht. In Bündten stößt man, wenn man aus Schams nach Rheinwald geht, in den Felsengen der Roffla und am Ausgang von Avers, 6 Stunden vom Rheinwaldgletscher, auf Rundhöcker und Schliffflächen. Wie die Gandecken nicht auf das Alpengebirg beschränkt sind, so treffen wir auch die Schliffflächen außer demselben an, und was am auffallendsten ist, und in neuester Zeit zu einer merkwürdigen Hypothese Veranlassung gegeben hat, sie werden selbst in Ländern wahrgenommen, die von den jetzigen Gletschergebirgen durch Flachländer, Meere und Mittelgebirgsländer getrennt sind. Beobachtungen, die auf keinen Täuschungen beruhen, weisen sie nach im Jura, am Südabhang desselben von Genf bis Aarau, am Fuß des Gebirges, auf vorspringenden Kuppen, in größeren Höhen und in den inneren Thälern, selbst Wasserlöcher kommen vor. Wir finden Schliffflächen ferner in den Vogesen und anderen Theilen Frankreichs, im Schwarzwald und in den Pyrenäen; häufiger aber treten sie auf in den nördlichen Ländern beider Hemisphären. In Nordamerika, von Neufoundland bis zum Missisippi, sind polirte, gefurchte und geritzte Felsen bis zur Höhe von 4000 Fuß eine gewöhnliche Erscheinung und die vorherrschende Richtung der Furchen ist von Nordwest nach Südost; in Nordengland und Schottland sind die gefurchten Schliffflächen beinahe deutlicher und allgemeiner als in der Schweiz; in Schweden, Finnland, im nördlichen Finnmarken treffen wir sie wieder, wo die gemeinschaftliche Richtung der Ritzen und Furchen

16° westlich vom Nordpunkt (N 26 W) liegt. In Schweden kommen auch Wasserlöcher vor, dort Riesentöpfe genannt, und zeigen die Berge und Felskuppen, wie auch anderwärts, eine Stoß- und Leeseite, indem ihre nördliche Seite abgerundet, die südliche scharfkantig und eckig ist, zum deutlichen Beweis, daß das Vorrücken der Gletscher in der Richtung von Norden nach Süden geschah. Alle diese Thatsachen in Beziehung auf das Vorkommen der Gandecken und Schliffflächen in- und außerhalb der Alpen weisen unverkennbar auf eine einstige ungemeine Ausdehnung der Gletscher hin, so daß sie sich in den Alpen von ihrem jetzigen Stande über den Thalboden der niederen Schweiz bis zu einer Höhe von 2000 Fuß in den Jura und bis in die Vogesen und den Schwarzwald erstrecken mußten, daß sich also die Gletscher des Rhone-, Aare-, Reuß-, Linthhales und der Bündtnergebirge über das Waadtland, Bern, Aargau, Zürich, St. Gallen und weiterhin ausgedehnt haben. Dasselbe muß man annehmen im nördlichen Amerika und Europa, wo die Gletscher der arktischen Zone und der scandinavischen Alpen sich so weit über die nördliche Halbkugel ausbreiteten, daß dieselbe größtentheils von einer zusammenhängenden gewaltigen Eiskruste mußte bedeckt gewesen sein. Unstreitig bestand diese Eisdecke vor der menschlichen Epoche, zu einer Zeit eisiger Ruhe, die von bedeutender Dauer gewesen sein mag, jedoch nur ein Moment in jener Reihe von Oszillationen war, wodurch die Erde vom glühendheißen Zustande zu ihrer gegenwärtigen Temperatur gelangt ist.

Die gewaltigen Dimensionen der früheren Gletscher, die wir als eine Thatsache anzunehmen genöthigt sind, haben zur Erklärung einer Erscheinung geführt, welche zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Naturforscher erregt hat, ich meine die Ablagerungen erratischer Blöcke (Findlingsblöcke). Sie bestehen aus größeren Felstrümmern, welche von dem Gestein der benachbarten Hügel und Berge so ganz verschieden sind, daß sie nicht als Trümmer dieser gelten können; sie erscheinen daher in den Gegenden, wo sie vorkommen, als wahre Fremdlinge, deren Stammfels in beträchtlicher Entfernung von ihrer jetzigen Lagerstätte gesucht werden muß. Durch das Vorkommen solcher Blöcke zeichnet sich erstlich der südliche und nördliche Fuß der Alpen aus, wo sie in den meisten von den Hochalpen auslaufenden Thälern entweder im Thalgrund, oder auf den Stufen der Abhänge, ferner im vorliegenden Hügel- und Flachland, und, weiter entfernt, im Jura auf dem den Alpen zugekehrten Abhange, in den seitwärts geöffneten Thälern und sogar auf dem Rücken der Juraketten, am Chasseron und Chaumont in einer absoluten Höhe von 3300', in großer Anzahl, von Genf bis in den Aargau und weiterhin angetroffen werden, und ihrer Felsart nach zu schließen überall aus meilenweiten Entfernungen herstammen. Einige dieser Blöcke sind hausgroß und haben bis über 100000 Kubikfuß Inhalt;

an einzelnen Stellen in den Thälern kommen sie, nach Studer, in solcher Menge vor, daß die Felsmassen dicht gedrängt und über einander aufgehäuft sind, vermindern sich aber hinsichtlich ihrer Größe und stellenweisen Anhäufung auch im Hügel- und Flachlande nicht. In der Nähe von Seeberg bei Bern z. B. liegt einer der größten Findlinge, er ist ein Granitblock mitten im Gebiete der Molasse, von welchem jede Seite 15 Meter, die Höhe bei 12 Meter mißt, sein Inhalt beträgt demnach über 60000 Kubikfuß und sein Gewicht über 10 Millionen Pfund. Große Blöcke desselben Gesteins liegen ganz in der Nähe. Wir treffen dergleichen Findlinge ferner auf beiden Seiten der Pyrenäen, am Fuß der Vogesen und des Himalaya, in den Umgebungen von Canton in China, am Kap d. g. Hoffnung; im großartigsten Maßstabe aber zeigt sich diese Erscheinung im nördlichen Europa und Amerika. Dort sind über einen großen Theil des östlichen Englands, über Dänemark, Schweden, Finnland, über die Niederlande, die ganze norddeutsche Ebene, über Polen, Lithauen, Curland, Livland, Esthland und Ingrien Blöcke auf einem Boden von tertiären Gesteinen zerstreut, von denen einzelne bei 50000 Kubikfuß Inhalt erreichen und ihrer Gesteinart nach in Rußland aus Finnland, in Polen und im germanischen Tiefland aus Schweden und Finnland, an der Ostküste Englands aus Norwegen herstammen. Die südliche Grenze ihres Vorkommens bezeichnet eine Linie, die von Kostroma an der Wolga, zwischen Twer und Moscau, über Witepsk, Breslau, Leipzig bis Arnheim geht, so daß ihre Verbreitung in einem großen Halbkreise Statt findet, dessen Mittelpunkt Finnland und Skandinavien ist. In Schweden bilden die Blöcke und der sie begleitende Schutt niedere, von NNO nach SSW streichende Hügelzüge, die dort Oesars genannt werden und als alte Sandecken zu betrachten sind; in Rußland, Polen, Norddeutschland kommen die Findlinge gruppenweise vor, und zwar häufiger auf Anhöhen und am Abhang der ihre südliche Verbreitung begrenzenden Gebirge, als in Thälern und Flußbetten, und steigen mehrentheils bis zu 800 und 1000 Fuß Höhe an; in Finnland gleicht die erratische Bildung einer allgemein verbreiteten Decke von oft 50 Fuß Mächtigkeit. In Nordamerika stammen die Blöcke, wie in Europa, aus nördlicheren Gegenden ab und haben ihre Lagerstätte in großer Entfernung von den muthmaßlichen Orten des Anstehens; die südliche Grenze ihrer Verbreitung ist in Georgien und Alabama. Alle diese Blöcke werden entweder einzeln zerstreut und freiliegend, oder in geschichtetem und ungeschichtetem Lehm und Kies, über älterem und neuerem Felsboden, zuweilen in ältere Formationen eingewickelt angetroffen, die einen zeigen beinahe unversehrte Kanten und wenig oder gar nicht abgerundete Ecken, andere sind theils eckig, theils gerundet, wieder andere endlich, besonders kleinere, zeigen abgerundete Kanten, und diese sind gewöhnlich von kleinerem Schutt

umhüllt; es treten uns also hinsichtlich ihrer Gestalt Verhältnisse entgegen, wie wir sie oben bei den Trümmern der Sanddecken gefunden haben.

Es ist begreiflich, daß die Naturforscher bemüht waren, dieses merkwürdige Phänomen der erratischen Blöcke zu erklären, und wirklich löste ein Erklärungsversuch den andern ab. Lyell nimmt an, daß die Findlingsblöcke durch Eisflöße, welche von Wasserströmen bewegt worden, an ihre jetzige Stelle transportirt worden seien. L. v. Buch, welcher die ganze Größe dieser weit verbreiteten Wirkungen erkannte, faßte, unterstützt durch eine umfassende Lokalkenntniß, diese zerstreuten Reste unter einen allgemeinen Gesichtspunkt zusammen, und sprach die Ansicht aus, daß die Blöcke einzelner Gegenden, wie z. B. des Jura, kein vereinzeltes Phänomen seien, sondern einer großen, gemeinsamen, über die ganze Erde verbreiteten Ursache angehörten, welche man nicht sowol in ihren einzelnen, kleinsten Resultaten, als vielmehr in ihrer großen Gesammtheit auffassen müsse. Er zeigte, wie in der Schweiz, der Rhoneöffnung gegenüber, die Granitblöcke auf dem Juragehänge am gedrängtesten und höchsten sich finden, und daß die Art der Lagerung jener Findlinge zu dem Glauben führe, sie seien nicht etwa durch ein Herabrollen auf schiefe Flächen, durch Ausbrüche gasförmiger Flüssigkeiten, durch schwimmende Brücken, oder ähnliche unzusammenhängend wirkende Ursachen, sondern durch eine ungeheure Fluth von den Gipfeln der Alpen herab in die Ebene gestürzt; man finde daher Blöcke, von den größten Höhen abgerissen, auch am weitesten fortgeführt und am höchsten auf den Bergen, welche der Richtung ihrer Bewegung entgegenstanden, Massen dagegen, welche sich von tiefer liegenden Felsen losgerissen, seien schon von weniger hohen, sich entgegenstellenden Hügeln aufgehalten worden, und würden deßhalb an ihren Abhängen zerstreut gefunden. Diese gewaltige Fluth und die Verbreitung großer Blöcke hypogener Gesteine bringt v. Buch mit der Erhebung der Zentralketten der Alpen in Zusammenhang. Denn, wenn sich eine Bergkette erhebt, so werden auch die Wasser mit emporgerissen; diese stürzen sodann von gewaltigen Höhen durch die zugleich geöffneten Seitenthäler neptunischer Gebirge in ihr altes Bett zurück und reißen die Blöcke mit sich fort. Aus jedem Thale von allen Punkten läßt v. Buch gleichzeitig solche Ströme losbrechen und mit so unbegreiflich großer Schnelligkeit, daß die losgerissenen Felstrümmer nicht Zeit hatten, sich im Verhältniß ihrer Schwere zu senken. Diese Selbstständigkeit der Bewegung mußte aber nicht nur den einzelnen Felsblöcken, sondern auch der Gesammtheit der Trümmermassen, welche aus einem Alpenthale hervorgebrochen, eigen gewesen sein, so daß eine Mengung der einzelnen Ströme bei ihrem Zusammenfluß in der schweizerischen Ebene dadurch erschwert wurde. Denn v. Buch hatte nachgewiesen, daß die dem Rhonethal gegenüber am Jura lagernden Blöcke nicht in einer horizontalen Linie sich längs des Gebirges hinzogen,

sondern daß vielmehr ihre höchste Grenze einen weiten Bogen darstellt, dessen Kulminationspunkt der Wurfrichtung aus dem Rhonethal gerade gegenüber lag, während rechts und links die Kurve sich allmälig auf das Niveau der Ebene herabsenkte. Zugleich mengten sich die Blöcke, welche der einen Stromrichtung angehörten, nur an den äußersten Grenzen ihres Gebietes mit denen eines anderen Thales, z. B. die des Rhonethales mit den Blöcken des Rhonethales bei Bern und Burgdorf, und diese wieder mit denen der Reuß im Aargau. Die Ströme müßten demnach, um solche Erscheinungen hervorbringen zu können, sich bei dem Austritte aus den engen Thalschlünden in die Ebene fächerförmig ausgebreitet und dadurch seitlich an ihrer Stoßkraft verloren haben, so daß die nicht in der Achse des Stoßes befindlichen Blöcke sich um so tiefer gesenkt hatten, je weiter sie nach der Seite hin davon abwichen. An den Seiten des Stromes war dann die Geschwindigkeit nicht mehr so groß, daß nicht eine partielle Mengung der sich berührenden Trümmer möglich gewesen wäre. Was anfänglich nur für die Alpen und ihre Umgebung galt, wurde nun auch auf den Norden Europas ausgedehnt. Eine noch furchtbarere Fluth, von den nordischen Ländern hervorgebrochen, sollte die Trümmer der skandinavischen Gebirge über die Abgründe der Nord- und Ostsee hinweg auf Großbritannien, die deutschen und russischen Küstenländer geschleudert und dort in ähnlicher Weise die Blöcke zerstreut haben, wie im Umkreise der Alpen. Diese Hypothese bot ein so harmonisches Ganze dar, alle Thatsachen erschienen darin so recht an ihrer natürlichen Stelle, daß ihr eine allgemeine Anerkennung, in England sogar das Ansehen eines Dogma zu Theil ward. Dazu kam der längst begründete Ruhm L. v. Buchs, so daß seine Theorie angenommen wurde, ohne daß man es für nöthig erachtete, Berechnungen über die ungeheure Größe der Geschwindigkeit anzustellen, mit welcher die Blöcke in diesem Fluthenstrome fortgeschleudert werden mußten, oder sich zu fragen, woher und wohin die ungeheure Wassermasse gekommen sei. Dieser Theorie, welche lange Zeit die herrschende war, stellten Charpentier und Venetz eine andere gegenüber, indem beide annahmen, daß die Kraft, welche die Blöcke fortgeführt habe, durch Gletscher ausgeübt worden sei, und daß die Niederlagen der Blöcke als alte Sandecken betrachtet werden müssen, beschränkten sich aber, wie früher L. v. Buch, auf das Gebiet der Schweiz. Die Gründe, die sie für ihre Ansicht der Stromtheorie entgegenstellten, sind von bedeutendem Gewicht. Erstlich nämlich verträgt sich die Form der größeren Findlingsblöcke nicht recht mit derjenigen, welche man an Steinen zu sehen gewohnt ist, die im Wasser gerollt sind; denn oft läßt sich an ihnen keine Spur von Abstumpfung entdecken, sie sind scharfkantig und eckig, wie frisch abgesprengte Bruchstücke, und dies um so mehr, je größer sie siud. In einem Strome aber, namentlich in einem Strome von so rasender Schnelligkeit, wie die angenommenen,

mußten die Blöcke doch wol zusammengestoßen sein, zumal ehe sie die engen Thalschlünde passirt hatten, sich an einander gerieben und so ihre Ecken und Kanten gegenseitig abgestumpft haben. Ein anderer Grund liegt in dem Vorkommen der erratischen Bildung, indem Blöcke von allen Formen und Größen auf die bunteste Weise durch einander gewirrt sind. Man machte darauf aufmerksam, daß die allmälig abnehmende Gewalt eines Stromes, wenn dessen Schnelligkeit auch noch so groß sei, größere Blöcke auf geringere, kleinere auf weitere Strecken mit sich fortreiße, wie man ja im Bette eines jeden Flusses die größten Bruchstücke seinem Ursprunge näher, die kleineren davon entfernter, und am Ende seiner Wirksamkeit nur feinen Sand antreffe; ebenso wies man auf den Umstand hin, daß bei Ueberschwemmungsablagerungen die dicken und schweren Stücke unten, der feine Sand oben liege. Dies Alles findet sich nun aber in den zu den Findlingsblöcken gehörigen Ablagerungen anders; denn da liegen Felsstücke von vielen tausend Kubikfuß und faustgroße Gerölle unter und neben einander, und sehr häufig die kleineren Bruchstücke unten, die großen oben, auch sind die Blöcke im Jura und in der Ebene nicht kleiner als die in den Alpenthälern, ja wenige der letzteren kommen den jurassischen an Größe gleich. Die Anlagerungen der Blöcke erscheinen ferner sehr oft in halbmondförmigen Wällen, die das Thal schließen und nur vom Thalgewässer durchbrochen sind; ein Strom baut sich aber selbst keine Dämme in den Weg, sondern reißt die, welche er findet, weg. An manchen Orten sind die Blöcke auf's Sonderbarste aufgestellt, einige wie auf Spitzen ruhend; Ströme aber richten nicht auf, sie werfen eher um. Der Felsboden, auf dem die Blöcke liegen, zeigt Politur, und zwar nicht die Politur eines Wasserschliffes, sondern entschieden diejenige der uns bekannten Schliffflächen, wie sie unter Gletschern glänzend und im höchsten Grad der Vollkommenheit beobachtet wird. Wo die Blöcke nicht unmittelbar auf den Schliffflächen liegen, sind sie durch eine einige Zolle oder Fuße dicke Geröllschichte, worin die größeren Gerölle zuoberst liegen, davon getrennt; auch pflegt ein feiner Sand unmittelbar auf den Schliffflächen zu liegen, zum Zeichen, daß seit der Bildung der letztern keine große Gewalt mehr auf sie gewirkt haben könne, da sie sonst diesen Sand mit hinweggenommen haben würde. Auch der Umstand, daß diese Ströme keine Spur organischer Ueberreste hinterlassen haben, scheint gegen Alles zu sein, was man sonst bei Niederschlägen aus so weit verbreiteten Stromwassern zu beobachten Gelegenheit hat. Die Ablagerung der Felsblöcke endlich, weit entfernt, eine ordnungslose zu sein, ist der Stromtheorie ebenfalls nicht günstig; denn die Blöcke sind je nach ihrer Abstammung auf besondere Bezirke beschränkt, ohne sich mit einander zu mengen; in der westlichen Schweiz sind nur Blöcke aus dem Arve-, Rhone- und Aarthale, im Aargau nur Gotthartsblöcke, in den Umgebungen von Zürich und Baden liegen nur Blöcke der Glarner-

gebirge. L. v. Buch erklärt diese Absonderung freilich durch die rasende Schnelligkeit, mit der er die Ströme, gleich Kanonenkugeln, aus den Alpen auf ihr Ziel losstürzen läßt, aber gerade darum begreift man nicht, warum zur Zeit, als Blöcke am Chasseron und Chaumont in einer absoluten Höhe von 3300 Fuß niederfielen, nicht eine große Menge derselben über den Jura von Solothurn und Aargau bis tief nach Deutschland hinein verschlagen worden sind. Alle diese Thatsachen lassen sich, scheint es, leicht mit der Annahme von Gletschern, schwer mit der von Strömen, als wirkenden Ursachen, vereinbaren, und Agassiz, der die beschränkte Ansicht von Charpentier aufgriff und sie erweiterte, erklärte die Fortschaffung der Findlinge in und außerhalb der Alpen für eine Wirkung der Gletscher. Er schob der Welt ein neues Zeitalter in ihren Kalender, indem er einen Zeitpunkt allgemeiner Vereisung der Erde behauptete, wozu ihm die nicht nur in den Alpen und dem Jura, sondern auch im nördlichen Europa und Amerika wahrgenommenen alten Gandecken und Schliffflächen Veranlassung gaben. Eine Schnee- und Eiskruste überzog die Oberfläche der Erde, die aber unter dem Einfluß einer folgenden wärmeren Periode allmälig wieder schwand; die Gebirgszüge, welche Europa durchkreuzen, wurden je im Verhältniß ihrer Höhe die Haltpunkte der Eismasse, und bald bildeten sich, während die Ebenen allmälig frei wurden, ebenso viele Gletschersysteme, als Bergketten vorhanden waren. Auf diesen verschiedenen Gletschersystemen wurden die Findlingsblöcke von oben herab bewegt, und man findet sie deshalb stets in sternförmiger Verbreitung um die Gebirge, von welchen sie stammen, gelagert. Allmälig wurden die niederen, dann auch die höheren Gebirgsketten ganz frei von Gletschern, und endlich blieben nur noch als geringe Reste der ehemaligen Eiszeit die Gletscher der Alpen nnd der wenigen anderen ewigen Schnee tragenden Gebirge, sowie die der Polargegenden zurück. Dies ist die Theorie von Agassiz, die sich immer mehr Anhänger gewinnt, weil durch sie die Verbreitung der erratischen Blöcke und aller dabei beobachteten Thatsachen besser erklärt wird als durch die Stromtheorie. Viele Findlinge mögen indeß dennoch durch Ströme fortgeführt worden sein, da nicht anzunehmeu ist, daß alle Blöcke ohne Ausnahme auf gleiche Weise an ihre jetzige Lagerstätte gelangt seien. — Zu bemerken ist übrigens noch, daß erratische Blöcke nicht zu verwechseln sind mit den im starren Zustande heraufgestoßenen Massen von Gesteingängen, welche hin und wieder wenigstens scheinbar ähnliche Phänomene hervorrufen.

§. 115. Die Veränderungn der Erdoberfläche, die wir bisher betrachtet haben, sind durch mechanische und chemische Kräfte entstanden, sie erscheinen alle als Wirkungen mechanischer Naturgewalten, und nur die korallenbildenden Madreporen und familienweise zusammenwohnende Austern lernten wir als die organische Kraft kennen, unter deren Einfluß der feste Theil unseres

Planeten vergrößert wird. Der Einfluß der Lebenskräfte ist aber nicht beschränkt auf den Korallenbau und Austerbänke, sondern erstreckt sich noch auf andere Bildungen, kann aber zur Zeit noch nicht in seiner ganzen Ausdehnung übersehen werden. Waren es ferner unorganische Bestandtheile und Trümmer, wodurch wir die Oberfläche des Erdbodens sich erheben und sich gleichsam aufblättern sahen, so werden wir gleich nachher finden, daß auch organische Ueberreste zur Veränderung der Erdoberfläche ihre Beiträge liefern.

Die Damm- oder Ackererde, diese fast über die ganze Oberfläche des Erdballs ausgebreitete, oberste, dünne und lockere Lage, der tragbare Boden und das Hauptmaterial aller landwirthschaftlichen Prozesse, ist das Produkt aus der Mengung abgestorbener pflanzlicher und thierischer Bestandtheile mit Sand, Geröllen, Geschieben und erdigen Theilen. Die Gerölle und Geschiebe bestehen aus den mannigfaltigsten Gebirgsarten, die erdigen Theile aus einer großen Anzahl verschiedener Substanzen, von denen Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Talkerde, Eisen, Mangan, Ammoniak-, Kali- und Natronsalze, Wasser, Luft, Humus, Humussäure und thierische Substanzen die wichtigsten sind. Der Humus, welcher etwa 1 bis 10 Prozent der fruchtbaren Dammerde ausmacht, bildet sich unter dem Einfluß von Feuchtigkeit, Luft und Wärme bei der Vermoderung thierischer und vegetabilischer Stoffe, und ist eine braune bis schwarze, pulverförmige leicht verbrennliche Substanz, welche so begierig Feuchtigkeit einsaugt und kondensirt, daß sie ¾ ihres Gewichtes Wasser enthalten kann, ohne naß auszusehen. Dieser Wassergehalt dient vornämlich zur Lösung der Nahrungsmittel, welche die Wurzel der Pflanze aus dem Boden aufnimmt; ohne denselben wäre die Dammerde unfruchtbar. In Berührung mit der atmosphärischen Luft verwandelt sich ein Theil des Humus in Kohlensäure und trägt dadurch zum Kohlensäuregehalt der Luft und der Quellwasser bei. Der Humus besteht aus Humuskohle, Harzen, Wachs und an erdige Basen gebundene Humussäure, Quellsäure, Quellsalzsäure und Phosphorsäure. Sand-, Lehm-, Kalk- und Thonboden haben den sogenannten milden Humus, der sich von den anderen Humusarten dadurch unterscheidet, daß er angefeuchtet nicht sauer reagirt, sehr viel Stickstoff enthält und äußerst vortheilhaft auf das Wachsthum der Pflanzen wirkt. Die humusreichste Dammerde ist der Humusboden, der dem Torf am nächsten steht, und in den Tropenländern, namentlich wo sie wald- und pflanzenreich sind, oft mehrere Fuß mächtige Lagen bildet. Saurer Humusboden enthält freie Humussäure, und findet sich gewöhnlich an solchen Orten, wo sich der Humus in großen Massen angehäuft hat, wie in Sümpfen und Mooren. Er verhält sich im Allgemeinen unwirksam gegen die meisten Pflanzen und findet sich gemeiniglich in Sandgegenden, wo die zur Neutralisation der Humussäure erforder-

liche Kalk- und Talkerde fehlen. Der saure Humusboden ist sehr weit verbreitet, im nördlichen Amerika und Europa, in der sibirischen Tundra bedeckt er tausende von Quadratmeilen. An ihn schließt sich der **Haideboden** in Norddeutschland und Nordasien an, der, wie jener, freie Säuren, vorherrschend aber Humuskohle und Harze enthält. Die Bildung der Dammerde geht ohne Unterschied vor sich; wie viel Zeit aber zur Bildung einer Lage Dammerde von bestimmter Dicke erfordert werde, läßt sich nicht im Allgemeinen bestimmen, da hierauf Pflanzenverhältnisse und der Untergrund der Dammerde Einfluß haben; aus der Dammerde, die sich über Lavaströmen am Flusse des Aetna gebildet hatte, schloß man, daß zur Erzeugung einer linienhohen Lage wenigstens ein Jahrhundert erforderlich sei, aus den Verhältnissen der Lava auf Ischia scheint zu folgen, daß sich in 500 Jahren 1 Zoll Dammerde bilde. Ob der Untergrund auch auf die Beschaffenheit der Vegetation Einfluß habe, ist ein unter den Botanikern noch nicht geschlichteter Streit, indem Einige der Gesteinunterlage einen nur höchst geringen Einfluß auf die Vegetation einräumen, so daß Pflanzen verschiedenster Art in jedem Boden gleich gut wachsen sollen, während anderen Botanikern zufolge der Charakter einer Flora bald mehr, bald weniger nach dem Untergrunde wechselt.

Eine andere Bildung von organischer Abkunft ist der **Torf**. Seine wesentlichen Bestandtheile sind ganz dieselben, die wir beim Humus angetroffen haben; ihnen sind Wasser und erdige Bestandtheile des Bodens beigemengt, und da die Säuren zum Theil frei sind, so reagirt der Torf sauer. Er kommt im Flachland und Niederungen, in mulden- und kesselförmigen Vertiefungen, an den Ufern von Meeren und Seen und überhaupt in Gegenden vor, die jedes Jahr längere Zeit unter stagnirendem Wasser stehen, oder Sümpfe, Moore und Moräste bilden. An Meeresküsten erzeugt sich der Torf besonders da, wo im Rücken von Dünenzügen Niederungen bleiben, welche Becken für Süßwasserseen, für Brüche und Moore abgeben. Aber auch auf Gebirgen bildet sich Torf, und nimmt hier nicht selten große Flächenräume ein; so auf dem Harz, dem Riesen- und Erzgebirge, in Böhmen, Thüringen, im rheinischen Schiefergebirge, in den Vogesen und Ardennen, in den Alpen an vielen Stellen, in Irland und im schottischen Hochland, wo er oft bei 15 Fuß Mächtigkeit erreicht, auch auf Ceylon findet man, nach Ritter, in einer Höhe von 6000 Fuß torfartiges Erdreich. Hochliegende Plateau's, mit einem für Wasser undurchdringlichen Grunde eignen sich oft ganz besonders zur Bildung des Torfes; von hier senkt er sich dann in die Thaleinschnitte hinab. Von den Felsarten, über welchen der Torf seine Stelle einnimmt, zeigt sich derselbe im Allgemeinen unabhängig; über Granit und Gneis, über Thonschiefer, Grauwacke und Quarzfels, über Lehmschichten und Sandbänken kommen Torflager vor, und nur kalkige Formationen schei-

nen eine seltenere Unterlage derselben zu bilden. — Was die Entstehungsweise des Torfes betrifft, so verdankt derselbe nach der herrschenden Meinung seinen Ursprung abgestorbenen, vermoderten und zersetzten Pflanzen; dies geht schon aus seinen Hauptbestandtheilen hervor. Zwar kennt man viele Torfe, in welchen die Formen der organischen Materie nicht so deutlich wie in anderen wahrgenommen werden, die folglich frei von unzersetzten, oder unvollständig zersetzten Pflanzentheilen sind; allein je weiter die Verwesung vorangeschritten ist, um so weniger werden sich im Torfe die Formen der Pflanzentheile erkennen lassen, die zur Bildung der Torfmaterie beitragen, und bei vollendeter Verwesung der organischen Theile wird auch ihre Form ganz verschwunden sein. Es ist daher im höchsten Grade unwahrscheinlich, daß der Torf, wie Einige annehmen, eine eigenthümliche Mineralbildung und das häufige Gemenge desselben mit Vegetabilien nur zufällig sei; vielmehr gibt ihm eine durch Feuchtigkeit beschränkte und aufgehaltene Verwesung und Verkohlung verschiedener Sumpfpflanzen seine Entstehung, und dabei lehrt die Beobachtung, daß auch die Temperatur in Berücksichtigung kommt, indem größere Torfmoore, wenn nicht ausschließlich, doch vorzugsweise in höheren Breiten sich bilden, weil niedrigere Grade der Temperatur zur unvollkommenen Zersetzung des Kohlenstoffes unentbehrlich sind. Um die Entstehung des Torfes aus zersetzten Pflanzen künstlich darzuthun, hat Wiegmann von Torfmooren geeignete Pflanzen in eine mit Kieselsteinen ausgemauerte Grube bringen lassen, goß dann Wasser über die Masse und bedeckte sie mit einem Brette. Schon nach Verlauf weniger Wochen war heftige Gährung eingetreten, die Pflanzen entwickelten Kohlen-, Schwefel- und Phosphorwasserstoffgas, die weicheren vegetabilischen Theile hatten sich braun gefärbt, das Ganze war schon sehr torfähnlich geworden, und mit jedem Jahre wurde der gebildete Torf dichter. Wenn gesagt wurde, daß Gegenden, die längere Zeit unter stagnirendem Wasser stehen, zur Torfbildung vorzüglich geeignet seien, so hat man sich die Erscheinung, daß nicht in allen stehenden Gewässern Torf wächst, entweder aus der Abwesenheit der erforderlichen Pflanzen, oder aus der Untauglichkeit des Wassers zu erklären, welches viel Gerbestoff enthalten muß, um die Pflanzen gegen zu rasche Zersetzung durch Fäulniß zu schützen. Die Pflanzen, aus deren Vorkommen mit ziemlicher Sicherheit auch das Dasein von Torfgründen geschlossen werden kann, und die auf vielen Mooren am häufigsten wachsen, sind: das Torfmoos, das Wollgras, das Rasen- und steife Riedgras, die Rasenbinse, die gemeine Heide, der Sumpfborst und die Lavendelheide. Welche von diesen und anderen Pflanzenarten vorzugsweise das Material zum Torf liefern, ist nicht so leicht zu bestimmen; so viel scheint indeß ausgemacht zu sein, daß Gewächse mit zarten und häufigen Stämmen und Aesten, mit kleinen Blättern und feinen Wurzeln sich am ehesten in Torf verwandeln.

Das Absterben und Verfaulen der unteren Theile der Gewächse liefert die einzelnen Torfschichten, auf denen eine neue Pflanzendecke emporschießt, die im Verlauf der Jahre sich gleichfalls in Torf umwandelt. Das Produkt der Zersetzung ist eine bräunlich schwarze, kohligte Substanz, der Torf, dessen oberste Lage Rasentorf oder Stechtorf heißt, in welchem, neben der eigentlichen Torfsubstanz, ein Theil der Pflanzenfasern noch unzersetzt gefunden wird; unter demselben, im Moortorf, wird die Torfsubstanz vorherrschend und die Farbe dunkler braun; zu unterst liegt der schwarze Pechtorf, der entweder mit dem Spaten gestochen werden kann, oder wegen seiner Weichheit in Formen gedruckt, d. h. gebaggert werden muß, weshalb er auch Baggertorf heißt; in ihm fehlen die vegetabilischen Reste beinahe gänzlich. Oft gehen alle drei Torfarten sichtbar in einander über, und man kann bemerken, wie der festere aus dem lockerern hervorgeht. Das Nachwachsen des Torfes ist gleichfalls ein Beweis seiner vegetabilischen Abkunft, sowie seines neueren Ursprungs, und diese unzweifelhafte Thatsache hat man sich dadurch zu erklären, daß die Vegetation der genannten Pflanzen an der Oberfläche fortsetzt und stets wieder nach Oben frisch treibt, während ihre unteren Theile absterben, aus deren Ueberbleibseln dann allmälig neue Torflagen hervorgehen. Von klimatischen und Bodenverhältnissen hängt die Zeit ab, die zur Erzeugung einer Torflage von bestimmter Dicke erforderlich ist. In einem Torfmoore, das bei Hannover abgestochen wird, ist, nach Leonhard, innerhalb 30 Jahren eine 4 bis 6 Fuß dicke Torflage neu entstanden, und in einem anderen am Bodensee in 24 Jahren eine von 3 bis 4 Fuß. In anderen Gegenden wird die Zeit, die ein abgestochener Theil eines Moores zu seiner Erneuerung bedarf, auf 5, 10, 50, 80 Jahre geschätzt, und in den Hochmooren von Dänemark sollen zur Bildung einer Torfmasse von 10 Fuß Dicke aus dem dortigen Heidekraut 250 bis 300 Jahre erforderlich sein (Studer). Da viele Torfmoore an der Stelle früherer Wälder stehen, die durch irgend einen Anlaß zu Grunde gingen, so sind auch manche voll von Baumstämmen, deren Art noch ganz kenntlich ist. Man nennt solche Ablagerungen unterirdische oder untermeerische Waldungen. An einigen Stellen des großen Torfmoores bei Kincardine hat man den Torf weggestochen, und auf dem Thone, der die Unterlage des Torfmoores bildet, eine unermeßliche Menge Bäume gefunden, welche über ihren Wurzeln umgestürzt waren, indem diese noch im Boden steckten. Es waren noch kenntliche Buchen, Birken, Eichen und Tannen, einige Eichen 50 Fuß lang und 3 Fuß dick, alle gesund und schwarz, und mehrere mit Spuren von Axthieben, weshalb man glaubt, die Römer hätten diesen Wald als Verhack umgehauen. In dem Torfmoore zu Greifswald stehen 5 Fuß unter dem mittleren Stand der Ostsee eine Menge aufrechter Baumstubben, deren Stämme abgestorben oder abgebrochen sind. Sie rühren, nach Walchner,

nicht von gleichzeitig vorhanden gewesenen Bäumen, die derselben Zerstörung unterlagen, her, sondern sie wurzelten in verschiedenen Schichten des Torfs, die einen über den verjährten Resten der anderen. Ebenso fand man im Moore von Murten Eichenstubben, die deutliche Merkmale von Axthieben tragen. Außer Baumstämmen findet man in Torfmooren auch thierische Ueberreste, Knochen von Pferden, Hirschen, Rennthieren, Ochsen, Auerochsen und anderen Thieren. In den irländischen Torfmooren werden häufig Knochen und, wiewol seltener, ganze Skelette eines kolossalen Dammhirsches gefunden, der gegenwärtig nicht mehr in Europa lebt; ein solches Skelett in der königlichen Sammlung zu Dublin hat 6′ 6″ Höhe und 10′ 10″ Länge, jede Schaufel ist 5′ 9″ lang, und ihre größte Breite mißt 2′ 10″, der größte Abstand der Enden beträgt 10′ 10″ englisch. Auch Ueberreste von Menschen sind schon öfters gefunden worden. In einem ostfriesischen Torfe hat man 1817 unter Baumstämmen einen wol erhaltenen menschlichen Leichnam in der unversehrten Tracht eines alten Friesen gefunden. In der untersten Schicht eines englischen Torfmoores fand man die ganze Gestalt eines menschlichen Körpers, der in schlafender Stellung, den Kopf auf dem Arm, lag; die Muskeln waren ganz, die Knochen zum Theil vergangen. In einem Moore von Lincolnshire entdeckte man 1747 den Leichnam einer Frau, der, nach der Form der Sandalen zu schließen, viele Jahrhunderte da gelegen haben mußte. Haare und Nägel waren frisch, wie bei einem lebenden Körper, die Haut weich und ohne Falten, aber braun gefärbt (Walchner). Werke von Menschenhand endlich werden ebenfalls häufig gefunden; so entdeckte man, um nur ein Beispiel anzuführen, in der holländischen Landschaft Drenthe im Jahr 1818 unter dem Torf einen Straßendamm, der 4500 Fuß weit verfolgt wurde, zum deutlichen Beweis der oft weit erstreckten Bodenerhöhung der Torfmoore durch Nachwachsen derselben.

Wenn der Torf Schwefeleisen oder Wasserkies enthält, so heißt er Vitrioltorf. In mehreren Gegenden Schlesiens liegen solche Torfe, die von Vitriolhütten auf sehr vortheilhafte Weise benutzt werden, indem das Brennmaterial und die Erde neben einander vorkommen, also eine wohlfeile Gewinnung möglich machen. Fast in allen Torfmooren kommt ferner blaue Eisenerde vor, theils als Anflug auf Torf, oder Limonit, oder in Nestern und dünneren Lagern. Im Lippeschen hat man, nach Walchner, Stücke Holz beinahe gänzlich in blaue Eisenerde umgewandelt gefunden. Gewöhnlich erscheint im Torf das Eisen als Raseneisenstein oder Limonit (Sumpferz, Morasterz), und bildet alsdann theils regelmäßige, zusammenhängende Lager von einigen Zoll bis mehrere Fuß Dicke, oder größere linsenförmige Massen, oft auch feste Schalen, theils poröse, löcherige Stücke. Alle Raseneisensteine enthalten Phosphorsäure, Humussäure, oder wenigstens humussaures Eisen, Kieselerde und andere zufällige Bestandtheile. Der Limonit

findet sich in der norddeutschen Ebene, in Böhmen, Rußland und anderwärts, und wird als Eisenerz abgegraben und verschmolzen. In Schweden kommt er auf dem Grunde vieler kleinen Landseen vor (Seeerz), und als Beweis, daß die Erzeugung des Limonit noch immer fortdauert, kann der Umstand angesehen werden, daß in Schweden keine merkliche Abnahme daran wahrgenommen wird, so groß auch die Quantitäten sind, die dort jährlich zur Speisung der Hochöfen ausgefischt werden. Die mit Regenbogenfarben spielende Ockerhaut in Sümpfen und Mooren scheint der Anfang der Limonitbildung zu sein, deren Ursprung Einige aus Quellen herleiten. Sie setzt aber nicht immer eigentliche Eisenquellen voraus, indem gewöhnliche Quellen durch Aufnahme von Kohlensäure aus faulenden organischen Substanzen schon im Stande sind, Eisen aufzulösen, es an tiefe Stellen hinzuführen, und dort abzulagern; und da durch Fäulniß organischer Stoffe Phosphorsäure gebildet wird, so würde sich daraus das Entstehen phosphorsauren Eisens leicht erklären. Andere lassen den Limonit von Infusorien entstehen, mit deren Wirken wir uns gleich nachher bekannt zu machen haben; wenigstens besteht die den Limonit in Moorgegenden überziehende röthliche Ockerhaut aus den eisenhaltenden Kieselpanzern gewisser Infusorien.

§. 116. Von den mannigfachen Ursachen, die den letzten Ausbau der Kontinente erklären, ist erst in neuester Zeit eine bekannt geworden, die bisher ganz übersehen wurde, nämlich das mikroskopische, im Wasser Gestein bildende Leben, das seine rastlose Thätigkeit von den ältesten Zeiten der Erde bis auf unsere Tage fortgesetzt hat. Es sind die Infusorien, welche die bei weitem zahlreichste Thiergattung bilden, denn sie kommen in ungeheurer Menge vor, und die Vervielfältigung geht bei einigen Arten derselben unter günstigen äußeren Umständen, wenn Nahrung im Ueberfluß da ist und keine Störungen Statt finden, in's Unglaubliche. Die wahrhafte Unermeßlichkeit, in der die Infusorien theils früher existirt haben, theils noch vorhanden sind, und der große Antheil, der ihnen an der jetzigen Beschaffenheit und Gestaltung der Erdrinde zukommt, ist erst in neuester Zeit durch die Entdeckungen Ehrenbergs offenbar worden. Von der Kleinheit vieler dieser Thiere kann man sich einen Begriff machen, wenn man erfährt, daß die Punkt- oder Dämmerungsmonade nur $\frac{1}{2000}$, höchstens $\frac{1}{1000}$ Linie groß ist. Thut man ein Stückchen Fleisch oder Pilz in Wasser, so vermehrt sich diese Monade, wenn auch nur ein Individuum darin war, in wenigen Stunden zu einer wahrhaft unzähligen Nachkommenschaft; die Thiere scheinen sich im Wasser unmittelbar zu berühren, so daß ihrer in einem einzigen Tropfen über 1600 Millionen enthalten sind. Doch sind nicht alle Arten von Infusorien so klein, manche größere Arten nimmt ein schärferes Auge schon ohne Vergrößerung als winzige Pünktchen wahr, und diejenigen, die die Größe einer halben Linie erreichen, sind natürlich gegen ihre kleinsten Verwandten, was

der Wallfisch gegen den Häring. Von diesen Thierchen besitzen viele eine so bedeutende Lebenskraft, daß sie sich mehrere Jahre in einem Zustande der Erstarrung und des Scheintodes befinden können, ohne darum wirklich todt zu sein. Wenn man ihnen nämlich die Feuchtigkeit in so weit entzieht, daß sie vollkommen eingetrocknet scheinen und sie auch nicht die mindeste Bewegung mehr äußern, so kann man sie auf diese Weise Jahre lang halten und sie dann, indem man sie mit einem Tropfen Wasser benetzt, zum Leben erwecken und ihnen bald ihre frühere Fülle und Munterkeit wieder geben. Manche ertragen auch eine beträchtliche Hitze und vermögen in heißen Quellen oder in einer künstlichen Temperatur von 35° bis 40° R zu leben, einige halten eine Zeitlang sogar die Siedhitze des Wassers aus; andere dagegen ertragen eine Kälte von 15° bis 20° und frieren, ohne zu sterben, ein. Der Schaum mancher Seen, den man das Blühen eines Sees nennt, rührt von Infusorien her. Im Frühjahr 1825 hatte sich, nach Studer, der Murtensee stellenweise handhoch mit einem rosenrothen oder lilafarbenen Schlamm bedeckt; von Murten bis an das jenseitige Ufer war diese Decke nur wenig unterbrochen; die ganze Masse bestand aus Oscillatoria rubens, die auch sonst im Seewasser vorkommt. Aehnliche Erscheinungen beobachtet man in verschiedenen Monaten auf dem Neuenburgersee, und die mikroskopische Untersuchung ergibt für die verschiedenen Monate verschiedene Infusorienarten. Manche Arten von Infusorien leben gemeinschaftlich zu einem Stock vereinigt, und die einen bilden faustgroße Gallertklumpen, andere dagegen vielkammerige Bäumchen von kohlensaurer Kalkerde bis zu 3 Linien Höhe, in deren Zellen sich entweder ein einzelnes gegliedertes Individuum vertheilt, oder deren jede von einem besonderen Individuum, der ganze Stock von einer gemeinschaftlichen Familie bewohnt wird. Zu den Zoophyten dieser Art gehören die P o l y t h a l a m i e n oder M o o s k o r a l l e n, die so klein sind, daß viele tausende bis über eine Million derselben in jedem Kubikzoll enthalten sind. Unterschieden ihrem Baue nach von den Polythalamien und ihnen nur in der Kleinheit und Vermehrungsfähigkeit, sowie in der Gestein bildenden Kraft gleich, sind diejenigen Infusorien, denen ein Panzer aus K i e s e l e r d e zukommt, der oftmals Eisen enthält, während dagegen der Stock oder die Schale der Polythalamien immer aus Kalk gebildet ist. Bei gewissen Arten dieser Kieselthiere ist eine ungeheure Fruchtbarkeit beobachtet worden, so daß ein Individuum der einen Art in 11 Tagen eine Nachkommenschaft von 4 Millionen, das einer anderen Art in 24 Stunden eine solche von 16 Millionen unter günstigen Umständen erzeugen kann.

Im Jahr 1823 fand Ehrenberg, daß eine kleine Menge gesammelter und getrockneter Schalen von lebenden Infusorien vor dem Löthrohr zu einer Glasperle schmolz, daß sie also aus Kieselerde bestehen. Bald darauf machte er die Entdeckung, daß der an Kieselerde reiche Bodensatz gewisser Mineral-

wasser, sogenannter Eisenrost, sich unter dem Mikroskop deutlich als eine Anhäufung von Infusorienpanzern zu erkennen gibt. Dies veranlaßte ihn, auch andere ähnliche Mineralsubstanzen, welche reich an Kieselerde sind, mit dem Mikroskop zu prüfen. Es waren dies namentlich Kieselguhr, der gleichfalls für einen Niederschlag aus Mineralwasser gilt, Bergmehl, Biliner Polirschiefer oder Blättertripel, die mit demselben vorkommenden Halbopale u. s. w., lauter kieselhaltige, in den jüngeren Formationen vorkommende, lokal auftretende Lager von ungleicher Verbreitung und Mächtigkeit. So ist z. B. zu Bilin in Böhmen ein 14′ mächtiges Lager von Polirschiefer; bei Bagnola im südlichen Toscana ein Lager von weißem, zerreiblichem Bergmehl, das 100 Schritt im Quadrat ausgedehnt und bei 10′ mächtig ist; demselben ähnlich ist das Bergmehl von Degernä im Lappland, das, wie der eßbare Thon im Gebiete des Amazonenstromes, eine sättigende und nährende Eigenschaft besitzt, welche es den in ihm vorkommenden Resten von Infusorien verdankt, und daher in Zeiten des Mißwachs unter dem Brod verbacken wird. An anderen Orten sind solche Kiesellager nicht nur viele Fuß mächtig, sondern streichen auch meilenweit fort. Ehrenberg gelangte bei diesen Untersuchungen zu den überraschendsten Resultaten. In allen diesen Erdbildungen zeigten sich dicht an einander gedrängte Schalen von Infusorien, ja es war augenscheinlich, daß sie nebst unbedeutenden Resten von Pflanzen geradezu daraus bestehen. Es ist Ehrenberg sogar gelungen, aus lebendigen Infusorien, deren Vermehrung er durch reichliche Nahrung förderte, Kieselguhr zu gewinnen. Diese organischen Erdlager treten bald als ganz lockere mehligte, bald als papierähnliche oder kohlenartige Massen auf, andere aber sind schiefrige oder dichte, mürbe oder feste, hornsteinartige Gesteine. Ehrenbergs Entdeckung erhielt bald auf verschiedenen Punkten der Erde eine vollkommene Bestätigung und die bedeutendste Erweiterung, indem man in Hannover, Dessau, Hessen, am Rhein, in Frankreich, Skandinavien, in Süd- und Nordamerika, auf den Philippinen, auf Isle de France und Isle de Bourbon nach einander Lagen von todten Infusorien fand. Das mächtigste derselben ist bis jetzt in der Lüneburger Haide entdeckt worden. Es ist in 28′ Tiefe noch nicht durchsunken; die oberen Schichten bestehen rein aus Kieselpanzern, die unteren sind mit einer erstaunlichen Menge von Fichtenblüthenstaub gemengt. Die darin vorkommenden Infusorien gehören sämmtlich dem süßen Wasser an. Diese Kieselbänke bestehen oft so völlig aus Kieseltheilchen, daß ein Kubikzoll viele, oft gegen 1000 Millionen derselben faßt, und ein jedes dieser Kieseltheilchen zeigt sich vor dem bewaffneten Auge als das ganze oder zerbrochene ehemalige zierliche Waffenstück eines Thieres. Daß oft so weit ausgedehnte und mächtige Erdschichten die Wirkungen eines unsichtbaren Lebens sein sollen, möchte auf den ersten Blick unbegreiflich scheinen; allein man erinnere sich der oben ange-

gebenen ungeheuren Vermehrungsfähigkeit dieser Thiere, und das Unbegreifliche wird bald schwinden. Hundert Millionen Kieselthiere wiegen allerdings nur 1 Gran, und dennoch vermochte Ehrenberg aus dem Moder der Teiche im Thiergarten bei Berlin binnen einer halben Stunde 1 Pfund solcher Panzer zu sammeln, deren gereinigter Niederschlag Kieselerde gab. Aber nicht nur Lager von todten, auch solche von lebenden Infusorien sind gefunden worden. Ein sogenanntes Torf- und Thonlager, das sich in weiter Erstreckung längs der Spree und unter einem Theile von Berlin selbst hinzieht, und bald nur wenige Fuß, bald gegen 100' mächtig ist, besteht, soweit seine Erdmasse torfig ist, aus einem Gemisch von Pflanzenresten und Kieselthieren, da, wo sie sich als Thon darstellt, fast ganz aus Infusorien, wie denn überhaupt Infusorien für sich allein weißen oder gelblichen Thon, mit den kalkigen Polythalamien gemengt, Mergel bilden, die als mächtige Lager mit reineren Kalksteinen abwechseln. Dieser Torf und Thon an der Spree wird nun als dasselbe betrachtet, was da, wo die Masse seit langer Zeit trocken gelegt ist, Kieselguhr, Bergmehl oder Tripel heißt. Die Infusorien, welche dieses Lager enthält, leben zum Theil in der Spree und anderen Berliner Wassern, sind zum größeren Theile aber solche, welche bis jetzt bei Berlin an der Oberfläche nicht gefunden worden sind, und dabei ist nun auffallend, daß die ihnen entsprechenden Formen nicht am Ausfluß der Elbe in die Nordsee, sondern an der Mündung der Oder in die Ostsee vorkommen, also nicht in dem Flußgebiete, welchem die Spree jetzt angehört, sondern in einem, dem sie früher angehört haben kann. Das Merkwürdigste ist aber dies, daß die Berliner Infusorienlager, die doch 10' bis 15' unter Lehm und Sand liegen, sichtbar noch viele lebende Formen enthalten, deren Lebensthätigkeit jedoch bei der Absperrung von Licht und Luft bedeutend abgestumpft ist. Wir sehen hier also eine erdige Substanz, ein Gebilde von Organismen, die noch nicht ganz todt, aber dem Tode und der völligen Mineralisirung nahe sind, und welche bei ihrer Bauarbeit zu belauschen der Beobachtung gelungen ist.

Die Infusorien leben im süßen Wasser und im Meere, viele Arten sogar in beiden Gebieten, die Polythalamien oder Kalkthiere dagegen sind Bewohner der See. Die Steingebilde der letzteren scheinen viel mächtiger zu sein als die der erstern. Man hat zwar bis jetzt weder sie, noch die mit ihnen im Meere lebenden Infusorien bei ihrer Arbeit selbst beobachten können, wie die Kieselarbeiter des Landes; aber aus Allem geht hervor, daß auch die Polythalamien noch heutzutage im Meere thätig sind, wie sie es in früheren historischen Zeiten und in den Dämmerungsepochen der gegenwärtigen Schöpfung waren, daß also nicht nur Kieselerde, sondern auch Kalk unter unseren Augen organisch erzeugt werde. Die ältesten geologischen Schöpfungen, von denen es ausgemacht ist, daß sie diesen Thieren zuge-

schrieben werden müssen, werden wir später kennen lernen, hier kann nur von ihren neueren Gebilden die Rede sein. Man war lange der Ansicht, daß der lose Sand weitaus zum größten Theil nur aus Abfällen der in geringerer oder größerer Entfernung anstehenden Gebirge sei. Es ist dies allerdings häufig der Fall, indem z. B. die großen Sandanhäufungen im Norden von Deutschland und im Becken der Ostsee bis zur Newa sich unter dem Mikroskop fast ganz als Trümmer granitischer Gesteine zeigen. Dagegen ist der Boden der libyschen Wüste größtentheils ein organisches Gebilde, und der dortige Sand, soweit er Kalksand ist, besteht häufig in seinen kleinsten Körnern aus lauter Gehäusen von Kalkthieren. Erst oberhalb Assuan, in Nubien, wird der Wüstensand granitisch. Auch der Sand vieler Dünen und sandigen Küstenbildungen besteht großentheils aus jetzt lebenden Mooskorallen, deren jede ein Sandkorn vorstellt. Im ganzen Becken des mittelländischen Meeres sind diese Thiere fortwährend thätig und fügen sachte und leise der beständig wachsenden Erdrinde eine Schuppe um die andere bei. Nicht überall sind aber diese Gebilde Anhäufungen von Polythalamienschalen, sondern rühren an mehreren Küsten Italiens, namentlich zu Rimini, von ausnehmend kleinen Schnecken her, die mit den Polythalamien Aehnlichkeit haben, von denen aber die größten doch ¾ Linien Durchmesser haben, so daß im Durchschnitt ihrer hundert auf 1 Gran gehen. Diese Zwergmuscheln sind Geschöpfe der jüngsten Meere, die man aber bisher nie lebendig beobachten konnte. Auch der Sand der Nordsee enthält die Exuvien von Polythalamien, und es ist Ehrenberg gelungen, im Wasser dieses Binnenmeeres mehrere Arten lebend zu entdecken, so daß gar nicht zu zweifeln ist, daß überall, an den Küsten und in Landgewässern, die Kalkbildung noch immerfort vor sich gehe. „Der Satz steht fest, sagt der Verfasser der Briefe aus der mikroskopischen Thierwelt: in den über den jetzigen Boden von Europa zerstreuten Seen und Teichen, sowie in den Hafen, Meeresbuchten und rings um die Küsten treibt die Natur das Geschäft der organischen Steinbildung im Kleinen fort, nachdem sie sich den Spielraum dazu häufig selbst verengert hat; denn die meisten jener mehr oder minder geschlossenen Wasserstücke sind offenbar einst weit ausgedehnter gewesen. Durch die zum Theil so mächtigen und ausgedehnten Infusorienlager wird nun aber vollends klar, was längst so viele andere Spuren verkündigten: auch nach der Bildung der Kreide (die aus Polythalamien besteht), die ein so bedeutendes Stück von Europa ausmacht, die tertiäre Periode hinauf, war die Masse und Ausdehnung der süßen Gewässer des Landes noch immer viel bedeutender als jetzt. Zu den Ursachen, die man zusammenwirken ließ, um die so verworrenen tertiären Gebilde zu erklären, kommt jetzt eine ganz übersehene, auf die wol das größte Gewicht zu legen ist: das unsichtbare, im Wasser Gestein bildende Leben. Dasselbe mußte stetig darauf hinwirken, die Becken der Landgewässer auszufüllen, sie

zu verflachen. Aber nicht nur die Herrschaft der süßen Wasser war um diese Zeit noch größer als jetzt; eine Menge der unzweideutigsten Erscheinungen beweisen, daß, geologisch gesprochen, vor gar nicht langer Zeit, d. h. während die tertiären Kalk-, Sand- und Thonbildungen vor sich gingen, auf vielen Punkten von Europa die See noch weit tiefer als jetzt in das Land eingeschnitten und sich in Buchten und Binnenseen zerschlagen hat. Diese Einschnitte wurden nun im Lauf der letzten großen Periode ohne Zweifel vorzüglich von den Baumeistern des Kalks vermauert, während die der Kieselerde die Landgewässer schmälerten. Aber dieses langsame Wachsthum der festen Erdsubstanz ist heute so wenig zum Stillstand gekommen, als die übrigen Naturwirkungen. Seit wir genauer messen und rechnen gelernt haben, gewahren wir in Allem, und so auch in der starren Kruste der Erde, Leben und Bewegung, Rythmus und Wachsthum, wo früher Alles ein für allemal da zu sein schien. Die beiden Gewalten, welche die Erdrinde gebildet, haben ihre rastlose Thätigkeit keineswegs eingestellt; noch immer stößt und schiebt Pluto von unten, noch immer ist Neptun von oben beschäftigt zu flötzen und zu schwemmen, abzureißen und zusammenzuschleppen, und jetzt zeigt sich vollends, daß er in seiner ungeheuren Werkstätte Dinge treibt, die man ihm gar nicht zugetraut, daß er ohne Unterlaß, aber nicht als chemischer Laborant, sondern als Nährvater eines überschwenglichen Lebens, Mineralien gemacht hat und noch macht. Geht nun das Gestein bildende organische Leben sammt den übrigen Einflüssen darauf aus, das Land fort und fort zu arrondiren, die noch bestehenden Seeeinschnitte, Ostsee, schwarzes und mittelländisches Meer immer mehr zu verkleinern, so rückt Europa, wenn auch langsam, doch unvermeidlich dem Schicksal entgegen, daß es einst mit langgestreckten Küsten so plump und starr da liegt, wie der unbewegliche Kontinent von Afrika und zur Unruhe in der Uhr der Geschichte untauglich wird."

Man sollte nach allem, was im Obigen über die mikroskopischen Thiere gesagt worden ist, glauben, daß das Vorkommen ihrer Ueberreste allemal da scharf abschneiden müsse, wo sich die Wirkungen der vulkanischen Thätigkeit zu zeigen beginnen. Allein Ehrenberg legte schon vor mehreren Jahren Polirschiefer und Kieselguhr sammt vulkanischen Aschen oder Porzelanerden aus vulkanischen Gegenden vor und bewies, daß ihre ganze Masse in allen einzelnen Theilchen aus unsichtbar kleinen Organismen gebildet sei. Humboldt fand in frischen vulkanischen Schlammauswürfen bei Quito, die aus unbekannter, wie es schien, sehr beträchtlicher Tiefe kamen, vollkommen deutlich erkennbare organische Gebilde, welche zugleich Bestandtheile berghoher, auch vulkanisch hervorgetriebener Massen waren, und an diese Thatsache haben sich neuerdings mannigfache Ergebnisse angereiht, aus denen hervorgeht, daß auch da Lebensspuren sich zeigen, wo man sie am wenigsten erwarten sollte. Schon früher vermuthete Ehrenberg, daß die Kieselpanzer der Infusorien trotz ihrer Kleinheit große Dauerhaftigkeit besäßen und viel-

leicht sogar der vulkanischen Hitze zu trotzen vermöchten. Dies hat sich jetzt bestätigt. Bimstein, vulkanische Tuffe, verwitterter Porphyr, Porzelanerden, vulkanische Aschen, Klingstein, kurz die allerentschiedensten vulkanisch geglühten Massen, Ausflüsse und harten Auswürfe haben eine unmittelbare und nothwendige Beziehung zu den kleinsten mikroskopischen Lebensformen erkennen lassen, wobei der Umstand höchst merkwürdig erscheint, daß die in dieser Verbindung vorkommenden organischen Reste ohne Ausnahme Arten angehören, die selbst oder deren verwandte Formen gegenwärtig nur im süßen Wasser leben. Gleichfalls auffallend ist es aber, daß von den 80 Arten, die in vulkanischen Gebilden entdeckt sind, 70 noch jetzt leben und nur 5 sicher zu bisher unbekannten gehören, während von den übrigen Thieren, deren Reste in den ältesten Erdbildungsperioden gefunden werden, gegenwärtig kein gleiches mehr gefunden wird, sondern höchstens verwandte, immer aber abweichende Arten (Jordan).

3.

Die vulkanische Thätigkeit der Erde und die durch sie bewirkten Veränderungen auf der Erdoberfläche.

§. 117. Wir gelangen endlich zu der letzten und sehr wirksamen Ursache von Veränderungen auf der Erdoberfläche. Was das Meer überall von den Küsten abreißt oder von den Flüssen empfängt und nebst den zahllosen Leichen seiner Bewohner auf seinem Boden ausbreitet, die Bauwerke der Madreporen, die Zerstörungen und Schöpfungen der Gewässer des Landes, die Trümmer, die sich überall am Fuße der heutigen Gebirge anhäufen, die Torfbildung, die Strecken Landes, welche von dem kleinsten Thierleben herrühren, — alles dieß ist für uns ein getreues, wenn auch verkleinertes Bild dessen, was von jeher, nur oft nach größerem Maßstabe geschehen ist. Hiezu tritt nun noch die vulkanische Thätigkeit, die Eruptionen der feuerspeienden Berge, was bei Erdbeben in die zerrissenen Schichten von unten herauf getrieben werden mag, die vulkanischen Inseln, die plötzlich aus der Tiefe des Meeres über seinen Spiegel emporsteigen, die allmäligen Hebungen gewisser Küsten und andere verwandte Phänomene.

Alle Erscheinungen, die man unter dem Namen der vulkanischen begreift, können nach Humboldt unter dem Begriff der Reaktion des Inneren unsers Planeten gegen seine Rinde und Oberfläche zusammengefaßt werden, und die Wärme des Erdinnern ist es, welche die Keime dieser Reaktion enthält. Wenn man früher jede derartige Kraftäußerung des Erdballs einzeln zu erklären suchte, so hat dagegen die neuere Geognosie gelehrt, sie alle unter einem umfassenden Gesichtspunkte aufzufassen, und „sie in ihrer Verkettung und in ihrem Uebergange von einer bloß dynamischen Erschütterung und von der Hebung ganzer Kontinente und Gebirgsmassen zu der Erzeugung und zum Erguß von gasförmigen

und tropfbaren Flüssigkeiten, von heißem Schlamm, von glühenden und geschmolzenen Erden, die sich als krystallinische Gebirgsarten erhärten," zu betrachten. Unter allen vulkanischen Erscheinungen, welche die Allgewalt der im Verborgenen wirkenden Naturkräfte offenbaren und die Menschen mit Furcht und Schrecken erfüllen, sind die Erdbeben diejenigen, welche den erschütterndsten Eindruck auf das Gemüth machen. Sie sind von Innen heraus wirkende Erschütterungen des festen Erdbodens, und von Erdfällen, Erdschlipfen und Bergstürzen zu unterscheiden, da nicht nothwendig ein Erdbeben anzunehmen ist, wenn eine Masse ihrer Stütze beraubt wird und das Gleichgewicht verliert. Die Erdbeben geben sich durch schnell auf einander folgende senkrechte, oder horizontale, oder rotatorische Schwingungen zu erkennen. Offenbar sind diese drei Bewegungen in sich verschieden, es scheint aber doch keine allein ein Erdbeben von einiger Bedeutung zu bilden, und Humboldt, der in beiden Welttheilen, auf dem festen Lande und zur See, eine beträchtliche Zahl von Erdbeben erlebt hat, sagt ausdrücklich, daß ihm die zwei ersten Arten der Bewegung sehr oft gleichzeitig geschienen haben. Am seltensten und immer nur bei den gewaltigsten Erschütterungen ist die rotatorische oder wirbelnde Bewegung wahrgenommen worden, welche am meisten gefahrbringend ist. „Umwenden von Gemäuer ohne Umsturz, sagt Humboldt, Krümmung von vorher parallelen Baumpflanzungen, Verdrehung von Aeckern, die mit verschiedenen Getreidearten bedeckt waren, sind bei dem großen Erdbeben von Riobamba, in der Provinz Quito (4. Februar 1797), wie bei dem in Kalabrien (5. Februar — 28. März 1783) beobachtet worden. Mit dem letzteren Phänomen des Verdrehens und Verschiebens der Aecker und Kulturstücke, von welchen gleichsam eines den Platz des anderen eingenommen, hängt eine translatorische Bewegung oder Durchdringung einzelner Erdschichten zusammen. Als ich den Plan der zerstörten Stadt Riobamba aufnahm, zeigte man mir die Stelle, wo das ganze Hausgeräth einer Wohnung unter den Ruinen einer anderen gefunden worden war. Das lockere Erdreich hatte sich wie eine Flüssigkeit in Strömen bewegt, von denen man annehmen muß, daß sie erst niederwärts, dann horizontal und zuletzt wieder aufwärts gerichtet waren. Streitigkeiten über das Eigenthum solcher viele hundert Toisen weit fortgeführten Gegenstände sind von der Audiencia (dem Gerichtshofe) geschlichtet worden." Für das Umwenden von Gemäuer, Verdrehen einzelner Theile von Obelisken ohne Umsturz hat das Erdbeben von Kalabrien mehrere Beispiele geliefert, bei dem Erdbeben, welches 1818 Catanea verwüstete, wurde eine große Steinmasse 25° von Osten nach Süden gedreht, und bei demjenigen, welches 1822 Chili erschütterte, wurden mehrere Häuser und Mauern gedreht und 3 Palmen wie Weiden um einander geschlungen. Einfache und kleinere Schwankungen des Bodens geben sich gewöhnlich unter der Form von Wellenbewegungen kund. Vereinzelte, doch oftmals ziemlich heftige Bewegungen

scheinen von senkrechten Stößen herzurühren. Diese Art der Bewegung, welche meist in einem einmaligen Auf- und Absteigen des Bodens mit nachfolgenden leichteren Erzitterungen besteht, hat sich, nach Humboldt, sehr auffallend bei'm Umsturz der Stadt Riobamba gezeigt, wo viele Leichname der Einwohner auf einen mehrere hundert Fuß hohen Hügel geschleudert wurden. Auch bei dem Erdbeben von Kalabrien (1783) wird als merkwürdiges Ereigniß erzählt, daß ein Mann nebst seiner Frau und einem Esel mit dem Boden, worauf sie gingen, aufgehoben, und über einen Fluß geworfen wurden, ein anderer Mann aber saß auf einem Zitronenbaum, während derselbe ausgehoben und eine Strecke fortgeschleudert wurde. Es scheint, daß bei allen großen Erdbeben die Bewegung in der Gegend der heftigsten Einwirkungen einer rotatorischen gleiche, die den einfachen Stoß umgibt, und sich von ihm aus in Undulationen nach allen Seiten in die benachbarten Gegenden fortpflanze. — Es unterliegt keinem Zweifel, daß unterirdische, nach Oben drängende Gewalten als die Ursache der Erdbeben angesehen werden müssen, und da bei heftigen Erschütterungen der Boden nicht selten zertrümmert wird und Spalten reißt, so lernt der Beobachter daraus zunächst die Richtung und dann vielleicht auch die Ursache kennen. Sind die entstandenen Spalten von gleicher Richtung und unter sich parallel, so weisen sie auf kleinere Erdbeben mit Wellenbewegung hin; gehen die Spalten strahlenartig von einem Mittelpunkte aus, so wird man unwillkürlich an einen senkrechten Stoß erinnert; bilden sie Bogen um einen Mittelpunkt, so hat man an eine rotatorische Bewegung zu denken. Da gewöhnlich mehrere Erdstöße auf einander folgen, so gilt es, namentlich in Beziehung auf die Erklärung früherer Erdbildungsphänomene, die Aufgabe, in Erfahrung zu bringen, ob die auf einander folgenden Stöße dieselbe Stelle treffen, oder einander in derselben Richtung folgen, oder endlich ob sie sich über eine gewisse Fläche vertheilen. Ein Beispiel für den zweiten dieser drei Fälle ist das Erdbeben, welches im Jahr 1783 Kalabrien verwüstete, denn seine drei Hauptstöße vom 5. und 7. Februar und 28. März lagen in einer Linie hinter einander, jeder Stoßpunkt vom andern etwa 5 bis 6 Meilen nordostwärts entfernt. Die Bebungen schienen sich vom Aetna aus unter dem Meere durch fortzupflanzen, welches man damals so auffallend fand, da der Boden aus Granit und Gneis besteht, jedoch nichts weiter als die große Tiefe der vulkanischen Heerde beweist. Die Erschütterungslinie folgte dem Hauptkamm der kalabresischen Gebirgskette und hielt sich auf dem westlichen Abhange derselben gegen Sizilien hin. Aus dieser Lage der Stoßpunkte erklärt es sich, warum die Gegenden auf der Westseite von Kalabrien so grauenvoll verwüstet wurden, während die Ostseite ziemlich verschont blieb. Die Bebung war am stärksten bei dem Städtchen Oppido und verbreitete sich über eine Fläche von 80 Quadratmeilen, wo an 400 Städte und Dörfer von Grund aus zerstört und eine

Menge großer Schlünde geöffnet wurden. Daß die Ostseite so wenig litt, scheint man daraus erklären zu müssen, daß der starke Gebirgsstock den Erschütterungswellen nach dieser Seite hin einen Damm entgegensetzte, und sie durch seine Festigkeit schwächte, wie Burmeister annimmt, oder mit Humboldt daraus, daß, weil die Gebirgsketten auf großen Spalten erhoben seien, die Wände dieser Höhlungen die Richtung der den Ketten parallelen Erschütterungswellen begünstigen. Es scheint demnach, daß Gebirgszüge die Fortpflanzung eines Erdbebens in der Richtung ihrer Streichungslinie weit eher zulassen, als senkrecht gegen dieselbe. Eine Bestätigung dieser Annahme geben die Erdbeben in den vulkanenreichen Cordilleras de los Andes von Südamerika, deren Kamm, von Feuerland an nordwärts, dann nordwestlich ziehend, sich nördlich von Quito in zwei Aeste spaltet, wovon der östliche als Küstenkette von Venezuela auf die kleinen Antillen übergeht, unter dem Meere hin Portorico erreicht und neben Haiti, Jamaika und Kuba nach Yukatan zurückkehrt. Alle die großen und furchtbaren Erdbeben, von welchen dieser Theil von Amerika so oft heimgesucht wird, lagen innerhalb der Streichungslinie des bezeichneten Gebirgszuges und entfernten sich im Ganzen nur sehr wenig von ihm. Es sind indeß Beispiele bekannt, daß Gebirgskämme und mehrere Gebirgsketten von Erdbeben in fast senkrechter Richtung durchschnitten worden sind. Dieser Fall kommt häufig vor in Mexiko, wo die Stoßlinie nicht dem Hauptgebirgszuge, sondern der diesen durchsetzenden Vulkanenreihe von Westen nach Osten folgt, welche die Fortpflanzung der Erdbeben in dieser Richtnng zu bedingen scheint. Noch auffallender sind folgende Beispiele, bei denen solche begünstigende Bedingungen nicht angetroffen werden. In Südamerika durchbrechen die Erdbeben, nach Humboldt, die Küstenkette von Venezuela und die Sierra de Parime gleichzeitig; in Asien haben sich die Erdstöße von Lahore und vom Fuß des Himalaya (22. Januar 1832), quer durch die Kette des Hindu-Kho, bis Badakschan, bis zum oberen Oxus, ja bis Bokhara fortgepflanzt; ein anderes Erdbeben ging zwischen Genua und Voghera quer durch den Apennin. Wenn übrigens die Erschütterungswelle längs einer Küste, oder am Fuß und in der Richtung einer Gebirgskette fortläuft, so bemerkt man bisweilen, sagt Humboldt, eine Unterbrechung an gewissen Punkten. Die Undulation schreitet in der Tiefe fort, wird aber an jenen Punkten an der Oberfläche, welche die Indianer „Brücken“ nennen, nicht gefühlt. — Die Fortpflanzung der Erdbeben geschieht mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 7 geogr. Meilen in der Minute. In dem Erdstrich, in welchem der Stoß von gleichmäßig leitenden Schichten, wie von einem gemeinsamen Zentrum aus, fortgepflanzt wird, werden die Schwingungen sich um so weniger fühlbar machen, je weiter die einzelnen Punkte von derjenigen Stelle entfernt sind, auf welche der Erdstoß wirkte. Wenn dieser Fall eintritt, so

läßt sich um die Schwingungen eine Kurve ziehen, die man den Erschütterungskreis nennt. Es gibt Gegenden, die zu zwei sich schneidenden Erschütterungskreisen gehören; so steht z. B. der südliche metallreiche Theil des Altai, nach Humboldt, unter dem zweifachen Einflusse der Erschütterungsheerde vom Baikalsee und von den Vulkanen des Thianschan. Man hat auch beobachtet, daß sich die Erschütterungskreise in Folge eines einzigen sehr heftigen Erdbebens erweitert haben. Der Erschütterungskreis mancher Erdbeben ist ungemein groß gefunden worden, so z. B. derjenige des Erdbebens, welches am 1. November 1755 Lissabon zerstörte. Derselbe umfaßte einen Erdraum, der an Größe viermal die Oberfläche von Europa übertraf, und dieser Erdraum erbebte gleichzeitig; die Erschütterungen wurden in den Alpen, an den schwedischen Küsten, in den antillischen Inseln, in den großen Seen von Canada, wie in Thüringen und in den kleinen Binnenwassern der baltischen Ebene empfunden. Nicht alle Erdbeben wirken aber in dieser Art, vielmehr pflanzen sich viele nur nach einer bestimmten Richtung, und innerhalb derselben gleichfalls mit ungleicher Intensität, fort. Für solche Erdbeben macht Burmeister auf den merkwürdigen Umstand aufmerksam, daß, während bei starken senkrechten oder rotatorischen Bewegungen die Oberfläche und besonders die auf ihr befindlichen Gebilde des menschlichen Kunstfleißes vollständig zertrümmert zu werden pflegen, bei den gradlinig fortschreitenden Erschütterungswellen nur die senkrecht gegen die Stoßlinie stehenden Gegenstände zertrümmert werden, die ihr folgenden oder parallelen dagegen unversehrt bleiben. Diese Thatsache ist wichtig, weil sie dem Beobachter bei Untersuchung der Trümmer ein Mittel an die Hand gibt, die Richtung des Erdbebens zu erkennen.

Den Volksglauben, daß gewisse Witterungsverhältnisse, wie Windstille, drückende Hitze, Nebel, veränderte Luftelektrizität, sichere Vorboten von Erdbeben seien, erklärt Humboldt für irrthümlich, indem sowol seine eigene Erfahrung, als diejenige anderer Beobachter in den an Erdbeben reichsten Gegenden lehre, daß Erdstöße bei dem reinsten, völlig dunstfreien Himmel und frischem Ostwinde, wie bei Regen und Donnerwetter gefühlt worden seien, man dürfe daher meteorologische Zeichen nicht als allgemein bedeutsam, als mit der Erschütterung nothwendig zusammenhangend betrachten. Doch fügt er hinzu: „Wenn aber auch an dem Tage des Erdbebens selbst oder einige Tage vorher kein meteorologisches Zeichen die Erschütterung verkündigt, so ist doch der Einfluß der Jahreszeiten (der Frühjahr- und Herbst-Aequinoktien), der Eintritt der Regenszeit nach langer Dürre unter den Tropen, und des Wechsels der Moussons, für die der allgemeine Volksglaube spricht, nicht darum ganz wegzuleugnen, weil uns bis jetzt der genetische Zusammenhang meteorologischer Prozesse mit dem, was in dem Innern der Erdrinde vorgeht, wenig klar ist. Numerische Untersuchungen über die Vertheilung

der Erdbeben unter die verschiedenen Jahreszeiten sprechen für die Epochen der Tag- und Nachtgleichen." Auch die **Neigung** der **Magnetnadel** ist bei einzelnen Erdbeben verändert gefunden worden, selbst an entfernten Orten, wohin das eigentliche Erdbeben nicht reichte, ebenso der **Luftdruck**, indem der Barometer sank. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß in gewissen sehr heftigen Erderschütterungen der Atmosphäre etwas mitgetheilt werde. „Während des langen Erzitterns des Bodens in den piemontesischen Thälern von Pelis und Clüsson wurden bei gewitterlosem Himmel die größten Veränderungen in der elektrischen Spannung des Luftkreises bemerkt (Huboldt)." — Gewöhnlich bemerkt man bei Erdbeben ein unterirdisches Getöse, ähnlich dem Rollen beladener Wagen auf Steinpflaster oder entferntem Donner, anderemale ist dasselbe rasselnd und klirrend, wie bewegte Ketten, oder hellklingend, als würden verglas'te Massen in unterirdischen Gewölben zerschlagen. Dieses Getöse ist aber keineswegs größer, wenn die Erschütterungen stärker sind, der große Stoß bei dem furchtbaren Erdbeben von Riobamba war z. B. von gar keinem Getöse begleitet, und das ungeheure Getöse, welches nicht im Zentrum der Bewegung, sondern unter dem Boden der Städte Quito und Ibarra vernommen wurde, entstand, nach Humboldt, erst 18 — 20 Minuten **nach** der eigentlichen Katastrophe. Ebenso wurden lange nach dem großen Erdbeben von Neu-Grannda (16. Nov. 1827) im ganzen Caucathale ohne alle Bewegung von 30 zu 30 Sekunden mit großer Regelmäßigkeit unterirdische Detonationen gehört. Wenn Erdschichten gute Leiter des Schalles sind, so wird das unterirdische Getöse oft in ungemeiner Entfernung von seinem Ursprungsorte vernommen. So erzählt Humboldt, daß man in Caracas, in den Grasfluren von Calaboza und an den Ufern des in den Orinoco fallenden Rio Apure, in einer Landstrecke von 2300 Quadratmeilen, überall am 30. April 1812, ohne alles Erdbeben, ein ungeheures donnerartiges Getöse gehört habe, als 158 Meilen davon der Vulkan von St. Vincent in den kleinen Antillen aus seinem Krater einen mächtigen Lavastrom ergoß. Es war also der Entfernung nach, als wenn man einen Ausbruch des Vesuv im nördlichen Frankreich vernähme. „Diese Schallphänomene, wenn sie von gar keinen fühlbaren Erschütterungen begleitet sind, lassen einen besonders tiefen Eindruck selbst bei Denen, die schon lange einen oft erbebenden Boden bewohnt haben. Man harrt mit Bangigkeit auf das, was nach dem unterirdischen Krachen folgen wird. Das auffallendste, mit nichts vergleichbare Beispiel von ununterbrochenem unterirdischem Getöse, ohne alle Spur von Erdbeben, bietet die Erscheinung dar, welche auf dem mexikanischen Hochlande unter dem Namen des **Gebrülles und unterirdischen Donners** von Guanaxuato bekannt ist. Diese berühmte und reiche Bergstadt liegt fern von allen thätigen Vulkanen. Das Getöse dauerte seit Mitternacht den 9. Januar 1784 über einen Monat.

Es war (vom 13—16. Januar), als lägen unter den Füßen der Einwohner schwere Gewitterwolken, in denen langsam rollender Donner mit kurzen Donnerschlägen abwechselte. Das Getöse verzog sich, wie es gekommen war, mit abnehmender Stärke. Es fand sich auf einen kleinen Raum beschränkt; wenige Meilen davon, in einer basaltreichen Landstrecke, vernahm man es gar nicht. Fast alle Einwohner verließen vor Schrecken die Stadt, in der große Massen Silberbarren angehäuft waren; die muthigern, an den unterirdischen Donner gewöhnt, kehrten zurück und kämpften mit der Räuberbande, die sich der Schätze bemächtigt hatte. Weder an der Oberfläche der Erde, noch in den 1500 Fuß tiefen Gruben war irgend ein leises Erdbeben bemerkbar. In dem ganzen mexikanischen Hochlande ist nie vorher ein ähnliches Getöse vernommen worden; auch hat in der folgenden Zeit die furchtbare Erscheinung sich nicht wiederholt. So öffnen und schließen sich Klüfte im Innern der Erde; die Schallwellen gelangen zu uns oder werden in ihrer Fortpflanzung gehindert."

Die Erdbeben sind viel häufiger, als man glaubt, und wahrscheinlich gibt es, die ganze Erde zusammengenommen, keinen Monat, vielleicht keinen Tag, an dem die Erdoberfläche an irgend einem Punkte nicht erbebte, so daß demnach das Innere des Erdballs ununterbrochen gegen das Aeußere reagirt. Nicht selten erbebt die Erde unausgesetzt mehrere Tage lang und fern von allen Vulkanen. Am östlichen Abfall des Mont Cenis, in den Vereinigten Staaten nördlich von Cincinati und im Paschalik von Aleppo hat man Erschütterungen beobachtet, welche Monate lang fast zu jeder Stunde gefühlt wurden. Die Verbreitung der Erdbeben ist eine sehr allgemeine, und es gibt nicht viele Gegenden, welche niemals dergleichen hatten. Indeß ist ihre Frequenz auf verhältnißmäßig wenige Erdstriche beschränkt, und während eine Gegend Jahrhunderte lang frei bleiben kann, werden andere alljährlich davon heimgesucht. Die große Erdbebenzone Südamerikas ist oben schon angegeben worden, in Mexiko ist dieselbe, wie wir ebenfalls schon wissen, von Westen nach Osten gerichtet. In Asien sind drei Erdbebenzonen, die fast parallel von Westen nach Osten ziehen, nämlich eine nördliche von der Uralmündung bis Irkutzk, eine mittlere vom Aral bis nach China, und eine südliche durch die Länder am Himalaya. Dazu kommt noch ein mächtiger Bogen von den Andamanen durch Sumatra, Java, die Philippinen, Japan, die Kurilen, Kamtschatka und die Aleuten, wo sich diese Zone an die nordamerikanische anschließt. In Europa haben wir zwei Erdbebenzonen, die eine zieht von den Pyrenäen durch die Alpen bis zum Kaukasus, die andere, mit dieser parallel, von den Azoren bis Syrien über beide Küsten des Mittelmeeres. Innerhalb dieser Zonen sind die Erdbeben häufiger, stärker, andaurender und zerstörender als in anderen Gegenden, und die Richtung der Stöße und Erschütterungen folgt fast immer der Strei-

chungslinie dieser Zonen. Die Erscheinung der Erdbeben ist übrigens ganz unabhängig von der Natur der Gebirgsarten, in denen sie sich äußert; selbst in den lockersten Alluvialschichten Hollands hat man Erdstöße verspürt. Doch sind Holland, Norddeutschland, Preußen und Polen, Mittel- und Nordrußland, Neusibirien von Erdbeben so gut als ganz verschonte Gegenden, ebenso Nordafrika von Tripolis bis zum Nildelta, das Kapland, einzelne Theile der Vereinigten Staaten und fast der ganze südliche Theil der Ostküste Südamerikas.

Die Wirkungen heftiger Erdbeben sind im höchsten Grade fürchterlich, ja sie sind mit Recht die gefürchtetsten aller Schrecknisse, furchtbarer als Feuer- und Wassernoth, selbst wenn zu beiden sich Stürme gesellen und die tobende Windsbraut sich der Flammen bemächtigt, oder die Wasserfluthen über die Ebene treibt. Den angeborenen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit der festen Erdschichten vernichtet ein Augenblick, und wenn die Erscheinung in ihrer Heftigkeit begonnen hat, so kann weder Erfahrung, noch Muth, noch Geistesgegenwart den Rettungsweg ausfindig machen. Das Furchtbare der Erscheinung bringt bei Menschen und Thieren dieselbe ängstliche Unruhe hervor. Schweine, Hunde und Geflügel werden besonders davon ergriffen, und die Krokodile des Orinoco, sagt Humboldt, sonst so stumm als unsere kleinen Eidechsen, verlassen den erschütterten Boden des Flusses und laufen brüllend dem Walde zu. Die Zerstörungen der Erdbeben werden noch dadurch vermehrt, daß sie nicht bloß örtlich sind, ihre Erschütterungen durchzucken vielmehr fast gleichzeitig große Provinzen; ganze Städte mit allen ihren Bewohnern sind durch sie in einem Augenblicke von der Erde verschlungen worden, die festesten Mauern wurden zertrümmert, Berge entstanden, andere stürzten ein, ja selbst das Klima einiger Gegenden erlitt bedeutende und dauernde Veränderungen, wie z. B. das von Quito in Südamerika. Es ist noch keine Aeußerung einer Kraft bekannt geworden, durch welche oft binnen wenigen Stunden und selbst Minuten eine größere Zahl von Menschen getödtet worden wäre; 200000 Menschen kamen in Kleinasien und Syrien im Jahr 526 um's Leben, 60000 in Sicilien im Jahr 1693; bei dem Erdbeben, welches am 1. November 1755 Lissabon zerstörte, fanden 24000 Menschen ihren Tod; in Kalabrien rechnete man bei dem großen Erdbeben im Februar 1783 über 30000 Todte, in dem Erdbeben, welches 1794 am 4. Februar Quito verheerte, wurden 40000 Menschen auf ein Mal getödtet, 30 — 40000 in dem Erdbeben von Riobamba 1797, und von den Schrecknissen solcher Katastrophen, denen Syrien so oft ausgesetzt ist, zeugt noch das neueste Ereigniß im Jahr 1822, indem in einer Nacht 8 Städte, jedes einzelne Dorf, jede einzelne Hütte in Schutthaufen verwandelt wurden, wenigstens 20000 Menschen umkamen und eben so viele schreckliche Verstümmelungen erlitten. Bei dem Erdbeben von Lissabon wurden ferne

Quellen in ihrem Laufe unterbrochen, die Teplizer Thermen versiegten und kamen, Alles überschwemmend, mit vielem Eisenocker gefärbt zurück. In Cadix erhob sich das Meer zu 60 Fuß Höhe, während in den kleinen Antillen die gewöhnlich nur 26 bis 28 Zoll hohe Fluth urplötzlich tintenschwarz 20 Fuß hoch stieg. Während der Erdstöße mancher Erdbeben wurden heiße Dämpfe, heißes Wasser, irrespirable Gase (Mofetten), Schlamm, schwarzer Rauch und selbst Flammen ausgestoßen. „Während des großen Erdbebens von Lissabon, sagt Humboldt, sah man nahe bei der Hauptstadt Flammen und eine Rauchsäule aus einer neu gebildeten Spalte des Felsens von Alvidras aufsteigen. Der Rauch war jedesmal um so dicker, als das unterirdische Getöse an Stärke zunahm. Bei der Zerstörung von Riobamba 1797, wo die Erdstöße von keinem Ausbruch der sehr nahen Vulkane begleitet waren, wurde die Moya, eine sonderbare, mit Kohle, Augitkrystallen und Kieselpanzern von Infusorien gemengte Masse, in zahlreichen kleinen, fortschreitenden Kegeln aus der Erde hervorgehoben. Der Ausbruch des kohlensauren Gases auf Spalten während des Erdbebens von Neu-Granada (16. November 1827) im Magdalenen-Thal verursachte das Ersticken vieler Schlangen, Ratten und anderer in Höhlen lebenden Thiere. Auch plötzliche Veränderungen der Witterung, plötzliches Eintreten der Regenzeit zu einer unter den Tropen ungewöhnlichen Epoche sind bisweilen in Quito und Peru auf große Erdbeben gefolgt. Werden gasförmige, aus dem Innern der Erde aufsteigende Flüssigkeiten der Atmosphäre beigemischt? oder sind diese meteorologischen Prozesse die Wirkung einer durch Erdbeben gestörten Luftelektrizität? In den Gegenden des tropischen Amerikas, wo bisweilen in zehn Monaten kein Tropfen Regen fällt, halten die Eingeborenen sich oft wiederholende Erdstöße, die den niedrigen Rohrhütten keine Gefahr bringen, für glückliche Vorboten der Fruchtbarkeit und Regenmenge." Eine Kraft, welche Städte zertrümmert und die Bewohner unter den Trümmern derselben begräbt, Häfen zerstört, Straßen unwegsam macht und die fruchtbarsten Thalebenen in Seen verwandelt oder mit den Trümmern der sie begrenzenden Berge bedeckt, eine solche Kraft ist gewiß den Forschritten der Zivilisation und Volkswohlfahrt nicht förderlich; und dennoch sind die Erdbeben, wenn gleich so oft die Quelle des Schreckens und des Todes, betrachtet man ihre Wirkungen auf eine Reihe von Jahrhunderten, gegenüber der fortschaffenden und nivellirenden Kraft der Gewässer sehr wohlthätig, indem sie einen wesentlichen Theil von dem Mechanismus bilden, durch welchen die Integrität der bewohnbaren Oberfläche erhalten und die Existenz und Fortdauer des festen Landes gesichert wird.

Unter den Wirkungen der Erdbeben haben aber für uns hier diejenigen Veränderungen das meiste Interesse, welche durch sie die Erdoberfläche selbst erleidet. Es ist wahrscheinlich, ja gewiß, daß in den früheren, der ersten

Bildungsepoche des Erdkörpers näher stehenden Zeitaltern solche Veränderungen großartiger, gewaltsamer, weiter verbreitet waren als jetzt; doch bewirken auch jetzt noch heftige Stöße Niveauveränderungen, bedeutende Hebungen oder Senkungen der Erdoberfläche. Hebungen des Bodens haben wir von Erhöhungen desselben zu unterscheiden; letztere entstehen durch Abschwemmen von Gebirgstheilen, welche in die Ebene geführt werden, durch Deltabildungen u. dgl. m. Durch diese Wirkungen wird der Boden mit neuen, von Außen darüber geführten Massen bedeckt und die frühere Oberfläche dem Auge entzogen, der Boden wird erhöht. Wenn aber der Boden von Innen heraus durch eine nach Oben drängende Gewalt seine absolute Lage ändert, so ist dies eine Erhebung, die vorher schon vorhandene Oberfläche ist dieselbe, und es ist keineswegs nothwendig, daß sie mit fremdartigen Massen bedeckt werde. Solche Erhebungen nun sind oft sehr beträchtlich, wie besonders folgende Beispiele, die ich statt vieler anderer wähle, zeigen können. Am 19. November 1822 wurde die Küste von Chili durch ein sehr zerstörendes Erdbeben heimgesucht, der Stoß wurde gleichzeitig auf einer von Norden nach Süden gehenden Längenerstreckung von 1200 englischen Meilen wahrgenommen, und St. Jago, Valparaiso und einige andere Orte wurden größtentheils zerstört. Am anderen Morgen zeigte es sich, daß die ganze Küste um Valparaiso auf mehr als 100 engl. Meilen Länge über ihr früheres Niveau emporgehoben worden war, zu Valparaiso betrug die Erhebung 3, zu Quintero ungefähr 4 Fuß, ein Theil des früheren Bettes blieb bei hoher Fluth trocken, der Ankergrund im Hafen von Valparaiso ist seichter geworden und verschiedene ältere Strandlinien wurden emporgehoben und kamen zum Vorschein. Um die ungeheure Größe der Veränderung, welche diese einzige Erschütterung veranlaßt hat, besser zu schätzen, ist zu bemerken, daß das Areal der bewegten Gegend der Hälfte von der Größe Frankreichs gleich kommt. Lyell schätzt die Masse von Felsen, die durch diese Bewegung zu dem Festlande von Amerika gekommen, oder die vorher unter, nach den Stößen über dem Meeresniveau befindliche Masse, zu 57 engl. Kubikmeilen. Weil aber die ganze Mächtigkeit der Felsmassen zwischen der Oberfläche von Chili und dem unterirdischen Heerd der vulkanischen Wirksamkeit sich vielleicht auf eine Meile Tiefe beläuft, so ist das Volumen der Masse, welche den Platz verändert hat und im Mittel 3 Fuß gehoben worden ist, wol dreißig Mal größer, als obige Zahl angibt. Nicht minder großartig, als diese Hebung in Chili, ist das Phänomen, welches der Bildung des neuen mexikanischen Vulkans Jorullo voranging, bei dessen Entstehung der unterirdische Prozeß mit einer Kraft gewirkt hat, die erstaunenswürdig ist. Die Gegend, welche der Schauplatz dieser Erscheinung war, bestand vorher aus einer von Basaltbergen umgebenen, überaus wohl angebauten Ebene von 2400′ Meereshöhe. Im Juni des Jahres

1759 vernahm man dort, nach v. Hoff, ein schreckliches unterirdisches Getöse, das von häufigen Erdstößen begleitet war und 50 bis 60 Tage lang dauerte. Mit Anfang September schien die Erde wieder beruhigt zu sein. Allein in der Nacht vom 28. auf den 29. September erneuerte sich das Getöse; der bis dahin ebene, 4 Quadratmeilen große Landstrich erhob sich gleich einem Gewölbe, das an seinem Rande 12 Meter Höhe über dem alten Flächenstand der Ebene, in der Mitte aber gegen 160 Meter hat. Noch jetzt erkennt man in den zerbrochenen Felsschichten die Grenzen dieser Erhebung. Dabei sollen auf einer Ausdehnung von mehr als einer halben Quadratmeile Flammen hervorgebrochen und Trümmer durchglühter Felsen bis zu einer ungeheuren Höhe emporgeschleudert worden sein, und man soll durch eine von vulkanischem Feuer durchglühte Aschenwolke gesehen haben, wie die erweichte Decke der Erde anschwoll, gleich dem sturmbewegten Meere. Aus den vielfachen Spalten, in die das Gewölbe zerriß, kamen kleine Kegel von 6 bis 10 Fuß Höhe hervor, welche die Eingebornen Hornitos (Oefen) nennen. Diese stießen noch im Anfang unsers Jahrhunderts, als Alex. v. Humboldt diese Gegenden besuchte, dicken Rauch aus; bei vielen derselben hörte man damals noch unterirdisches Geräusch, und das Thermometer stieg in ihren Oeffnungen auf 76° R. In der Mitte dieser Oefen, und aus einem Riß, der sich von Nordnordwest nach Südsüdost hinzieht, sind sechs größere Trümmerhaufen, jeder 5 bis 6 Meter hoch, emporgestiegen, unter ihnen aber und auf derselben Linie der Hauptvulkan Jorullo, mit einer Höhe von 1500 Fuß. Dieser stand von seiner Entstehung an unaufhörlich in Flammen, schleuderte glühende Massen aus, und blieb bis Mitte Februar 1760 in fortdauernder Thätigkeit. Die emporgeschleuderten Massen sind schlackige und basaltische Laven, welche Bruchstücke von Urgebirgsarten enthalten, und die ausgeworfene Asche bedeckte eine Gegend von 48 Meilen Halbmesser rings um den Auswurfspunkt. Zwei Flüsse, welche die frühere Ebene bewässerten, verloren sich in der Nacht nach dem ersten Ausbruche, dafür sieht man jetzt in dem aufgetriebenen Boden etwas weiter gegen Westen zwei Flüsse, welche sich als warme mineralische Quellen von etwa 41° Wärme ergießen. Eine ganz ähnliche Erscheinung ereignete sich, nur nach viel kleinerem Maßstabe, am Geburtstage des Jorullo im Jahr 1538 bei Puzzuoli am Golf von Neapel. Häufige Erdbeben hatten diese Gegend schon zwei Jahre vor dem Ausbruche erschüttert, als am 28. September des genannten Jahres zwischen dem See Averno, dem Monte Barbaro und der Solfatara Flammen aus der Erde hervorbrachen; zugleich entstanden dort Spalten im Boden, aus denen Wasser sprang, während das Meer sich vom Ufer auf 200 Schritte weit zurückzog und den trockenen Grund sehen ließ. Hierauf, am 29. Sept., öffnete sich nahe am Meere ein Schlund, aus welchem unter lautem Donner Rauch, Flammen, Schlamm, Bimssteine und

andere Steine ausgeworfen wurden. Dadurch entstand in ungefähr zwei Tagen ein Berg, der 413 Fuß Höhe und 8000 Fuß Umfang an der Basis hat, der Monte cenere oder Monte nuovo. Am 6. Oktober hörten die Eruptionserscheinungen auf, und als man den Berg bestieg, fand man auf seiner Höhe eine trichterförmige Oeffnung, einen Krater. Seit dieser Zeit ist aus dem Monte nuovo kein Ausbruch mehr erfolgt. Der neben dem Monte nuovo liegende Monte barbaro ist wahrscheinlich auf gleiche Weise entstanden. Wenn uns die Erhebung der Küste von Chili in verkleinertem Maßstab ein Bild von der Erhebung der Kontinente über das Meeresniveau gibt, so erhalten wir durch die Bildung des Jorullo Aufschlüsse über die Entstehung von Vulkanen mit offenen Kratern, in denen eine bleibende Verbindung des Erdinnern mit der Atmosphäre errungen ist. Nicht immer vermögen jedoch die empordrängenden Gewalten diese Verbindung herzustellen, anderemale werden durch sie einzelne Theile der Steinborke unsers Planeten zu ungeöffneten, domförmigen Massen emporgehoben, oder es werden die gehobenen Schichten durchbrochen, ohne daß ein eigentlicher Ausbruchskrater entsteht, und dergestalt nach Außen geneigt, daß auf der entgegengesetzten inneren Seite ein steiler Felsrand sich bildet. Dieß sind die Erhebungskrater, von denen oben §. 105 die Rede war, und unter welche Humboldt auch den Monte nuovo bei Puzzuoli rechnet. Die Erhebung der Küsten von Chili erinnert an die denkwürdige Beobachtung des allmäligen Emporsteigens der schwedischen Küsten, welches oben §. 77 gleichfalls als die Wirkung der Reaktion des Erdinnern gegen seine Oberfläche betrachtet wurde. Da nun dieses Emporsteigen ein ganz allmäliges, nur in einem Zeitraum von etwa 100 Jahren leicht bemerkbares ist, so hat man versucht, dasselbe als Wirkung einer Ausdehnung durch erhöhte Temperatur vorzustellen, und stützte sich dabei auf Versuche, die angestellt worden sind, um das Verhältniß zu bestimmen, nach welchem Bausteine bei einer gegebenen Temperaturzunahme sich ausdehnen. Man fand, daß sich feinkörniger Granit bei 1° F. in dem Verhältniß von 0,000004825, weißer krystallinischer Marmor 0,000005668, rother Sandstein 0,000009532, oder ungefähr doppelt so viel als Granit ausdehnte. Nach diesem Gesetz der Ausdehnung würde eine Sandsteinmasse, die eine englische Meile mächtig wäre und deren Temperatur um 200° F. (17°,8 R) erhöht worden, die darüber gelagerten Felsarten 10 Fuß über ihr früheres Niveau emporheben. Nimmt man aber an, daß ein Theil der Erdrinde von 100 engl. Quadratmeilen und von gleicher Ausdehnbarkeit eine Temperaturzunahme von 600° oder 800° F. erlitten habe, so würde dieß eine Emporhebung von 2—3000 Fuß veranlassen (Lyell). Mit Hülfe eines solchen Agens hat man die stufenweise Emporhebung von Schweden zu erläutern gesucht, was indeß, wie man sieht, dem allgemeinen Begriff der Vulkanität nicht widerstreitet.

Es ist natürlich, daß, wenn Erdbeben in den Bereich von Meeresküsten fallen und unter dem Meere hinziehen, sich die Erschütterungen und Schwingungen des Bodens auch dem ozeanischen Wasser mittheilen werden, und die dadurch verursachten Aufregungen dieses Elementes geben sich bald durch Sinken, bald durch Erheben des Meeres kund. Das bereits erwähnte Zurückweichen des Meeres beim Emporsteigen des Monte nuovo war die natürliche Folge von der mit diesem Emporsteigen zugleich erfolgten Hebung des benachbarten Bodens. Ein wirkliches Steigen und Fallen des Meeres zeigte sich bei dem ausgebreiteten Erdbeben von Lissabon; an den östlichen und westlichen Küsten des atlantischen Ozeans bemerkte man Schwankungen, die an mehreren Stellen so bedeutend waren, daß sie Ueberschwemmungen zur Folge hatten, und deren Wirkungen sich in die Nordsee hinein erstreckten; an allen Küsten der westindischen Inseln stieg die Fluth zu ungeheurer Höhe empor, der Tajo begann anderthalb Stunden nach dem ersten Stoße zu schwellen und hob sich 40 Fuß höher als zur Zeit der stärksten Fluth; bald darauf wich er plötzlich so sehr zurück, daß das Flußbett trocken wurde, und dieser Wechsel, welcher jedesmal 4 Minuten erforderte, kehrte dreimal wieder; selbst viele Seen, namentlich die Schweizerseen, wurden erschüttert. Während des Erdbebens, welches am 7. Juni 1692 Jamaika erschütterte und Kingston fast ganz zerstörte, gerieth das Meer in eine solche Aufregung, daß es in die Straßen der Stadt drang und eine große Fregatte, welche auf der Werfte lag, mitten unter den Häusertrümmern niedersetzte. Noch gewaltiger waren die Meeresbewegungen, die am 28. Oktober 1746 angeblich zu einer Höhe von 80 Fuß emporstiegen und das Fort Callao mit seinen 5000 Einwohnern so vollständig vernichteten, daß nach dem Rücktritt des Wassers nur noch die Grundmauern der Festungswerke sichtbar waren; mehrere Schiffe, die im Hafen lagen, flutheten über die verschlungenen Häuser weg und 4 strandeten 1 Stunde landeinwärts zwischen Landhäusern und Gärten. Auch auf offenem Meere sind die Bewegungen des Ozeans verspürt worden, und wenn die Beispiele geringer an Zahl sind, so kommt dieß daher, daß es zufällig ist, wenn Schiffe sich gerade an der Stelle der Bewegung befinden. — Außer diesen Erschütterungen sind auch Erhebungserscheinungen im Meere wahrgenommen worden, in Folge welcher sich neue Inseln bildeten. Im J. 1795 bemerkte man an einem isolirt im Meere liegenden Felsen in den Aleuten, westlich von Unalaschka, Dampf, welcher diesen Felsen umhüllte; als im J. 1800 sich die furchtsamen Einwohner wieder in seine Nähe wagten, fanden sie, statt des ihnen wohlbekannten Felsen, eine Insel, in Gestalt eines Piks, welcher Dampf ausstieß. Bis zum J. 1802 wurde Unalaschka unaufhörlich von Erdstößen erschüttert. Von dieser Zeit an hörte das Brennen des neuen Vulkans auf, dagegen wüthete der Vulkan von Unalaschka desto heftiger, und bald nachher brannten dieser, der

Vulkan auf der Insel Umnak und der neu entstandene abwechselnd. Im J. 1806 hatte die neue Insel einen Umfang von 4 geogr. Meilen und einige tausend Fuß Höhe. Ein ähnlicher Ausbruch im Meere von Unalaschka erfolgte im J. 1814, da dort abermals eine Insel emporstieg, die einen bedeutenden Umfang und einen Pik von 3000 F. Höhe hatte. Die bedeutende Größe dieser beiden Inseln und ihrer Dauer lassen annehmen, daß sie nicht von Auswürflingen, Schlacken und Bruchstücken aufgehäufte Massen, wie etwa der Monte nuovo, sondern eine der merkwürdigen blasenartigen Erhebungen sein mögen, deren Beispiele sich in so vielen altvulkanischen Bergen zeigen (v. Hoff). Verwandte Bildungen sind auch im ägäischen Meere beobachtet worden, namentlich bei Santorin, Therasia und Aspronisi. Therasia soll im J. 233 v. Chr. von Santorin nach einem heftigen Erdbeben getrennt worden sein. Im J. 196 v. Chr. stieg in der Mitte des Golfs von Santorin Hiera oder Alt-Kameni (alte brennende Insel) empor; im Jahr 19 unserer Zeitrechnung erschien Thia über der Oberfläche des Wassers, wurde aber bald mit Hiera verbunden. Im J. 1573 ward Klein-Kameni gebildet und durch wiederholte Ausbrüche stieg ein kleiner Kegel und Krater hundert Fuß hoch empor. Am 27. Sept. 1650 fand 3 oder 4 Meilen nördlich von Santorin unmittelbar nach heftigen Erdbeben ein Ausbruch Statt, durch den zwar keine neue Insel entstand, aber der Meeresboden an dieser Stelle bedeutend erhöht wurde. Endlich in den Jahren 1707 und 1709 entstand Neu-Kameni zwischen Alt- und Klein-Kameni, auf welcher ein Vulkan in den Jahren 1711 und 1712 fernere Ausbrüche hatte und einen Kegel von 330 Fuß Höhe bildete (Lyell). Es gibt somit zwei Verbindungskanäle zwischen der Atmosphäre und den vulkanischen Heerden von Santorin. Diese Insel bildet mit Theeasia und Aspronisi einen Krater, der durch die Einbrüche des Meeres geöffnet wurde, und in dessen Mitte während der historischen Zeit Eruptionskegel aufstiegen. Gegen diese zu bestehen die Kraterwände aus Trachyt, einer vulkanischen Steinart, am äußeren Umfange aber aus Thonschiefer, dessen Schichtungsflächen, wie es die Erhebung mit sich bringt, gegen das Meer hin abfallen. Figur 49 gibt das Profil dieser Inselgruppe, die uns ebenfalls den Beweis liefert, daß Vulkane vermögend sind, benachbarte Erdschichten zu heben, daß ihre Bestandtheile somit keineswegs in allen Fällen bloß aufgehäufte Eruptionsmassen sind. Nicht allemal aber sind diese neuen Inselbildungen von Dauer, wie folgende Beispiele uns lehren. Im Jahr 1811 am 13. Juni beobachtete der englische Schiffskapitän Tillard in der Gegend der Azoren einen Ausbruch, durch den eine Insel bis zu 300 F. über das Meeresniveau erhoben wurde. Sie hatte auf dem Gipfel einen deutlichen Krater und 900 Toisen im Umfang. Tillard nannte die Insel nach seinem Schiffe Sabrina. Dieses Eiland war aber von keinem Bestand; denn im Jahr 1812 war es schon zur Sandbank geworden und ward

später vom Meere ganz verschlungen. Aehnliche Erscheinungen wurden in den Azoren zweimal früher, in dem Jahre 1638 und 1720, beobachtet. Eine gleiche Erhebung und auf derselben vulkanischen Linie fand in Folge eines Ausbruchs im mittelländischen Meere Statt. Die Stelle, wo der Ausbruch erfolgte, ist ungefähr in der Mitte zwischen dem sizilianischen Städtchen Sciacca und der Insel Pantellaria, und das Meer hatte vor dem Ereignisse an dieser Stelle eine Tiefe von 100 und mehreren Faden. Der englische Schiffskapitän Swinburne, der am 28. Juni über diese Stelle fuhr, empfand in seinem Schiffe mehrere Erdstöße, an demselben Tage und den vier folgenden verspürte man in Sciacca und quer durch Sizilien bis Palermo ebenfalls Erdstöße. Am 8. Juli beobachtete der sizilianische Schiffskapitän Trefiletti emporsteigende Wassermassen und Rauchwolken, in denen es blitzte und donnerte. Der Ausbruch selbst dauerte ungefähr bis in die erste Hälfte des August. Am 12. August sah man von der sizilischen Küste keinen Rauch mehr und am 25. August wurde die neue Insel von mehreren Personen besucht, welche auf derselben heiße Dämpfe aus Spalten aufsteigen sahen. Der größte Umfang der Insel betrug 3000 Fuß und hatte an den höchsten Stellen 300 Fuß Höhe. Sie bestand aus lockeren Massen, aus Sand, sogenannter vulkanischer Asche, aus Schlacken in kleinen Stücken, von geflossener Lava oder gehobenen Steinmassen war nichts wahrzunehmen. Die Gestalt war die eines vulkanischen Ausbruchkegels oder Kraters, von ungleich erhobenem Rande und einer kesselförmigen Vertiefung im Inneren. Nach beendigtem Ausbruch übte das Meer an dem neuen Gebilde seine zerstörende Kraft aus, und im Dezember 1831 soll von der Insel schon nichts mehr zu sehen gewesen und an der Stelle derselben 24 Klafter Tiefe gefunden worden sein (v. Humboldt). Beachtenswerth ist der Umstand, daß die großen Vulkane des mittelländischen Meeres zur Zeit, als die Insel entstand, und eine geraume Zeit vorher, geruht hatten. Weil nun die unterirdischen elastischen Stoffe durch die gewohnten Kanäle keinen Ausweg gefunden hatten, so suchten sie sich denselben durch den Ausbruch bei Sizilien, der die Stelle von Eruptionen des Vesuv und Aetna vertrat. — Das Gegentheil von Erhebung ist das Sinken des Landes, wovon es viele Beispiele gibt. So hat man in Westgrönland, in Dalmatien und auf Schonen ein bemerkbares Sinken des Bodens beobachtet; von besonderem Interesse ist in dieser Beziehung ein aus der Römerzeit stammendes Gebäude bei Pozzuoli. Der Fußboden desselben wird beim höchsten Wasserstande einen Fuß hoch vom Meere bedeckt. Von 46 marmornen und granitenen Säulen, die früher zum Gebäude gehörten, stehen nur drei marmorne aufrecht. Diese haben vom Fußgestell an bis zwölf Fuß aufwärts eine glatte, unbeschädigte Oberfläche, und hierauf folgt ein 12 Fuß hoher Gürtel von Löchern der Bohrmuscheln (Pholaden), welche lange gearbeitet haben müssen, weil die Löcher groß, tief

und zahlreich sind. Aus diesen Verhältnissen schließt nun v. Hoff, daß erstlich bei Erbauung des Gebäudes der Boden höher über dem Meere gelegen haben müsse als jetzt, da ihn der hohe Wasserstand überschwemmt; daß ferner dieser Boden in einer späteren Zeit 24 Fuß unter der Meeresfläche gelegen haben müsse, weil sonst die Pholaden die aufrecht stehenden Säulen nicht bis zu 24 Fuß über dem Pflaster hätten anbohren können; daß drittens dieser tiefe Stand unter Wasser lange genug gedauert haben müsse, damit eine solche Arbeit dieser Thierchen an den Säulen vollbracht werden konnte; daß viertens der untere, von den Bohrmuscheln nicht angegriffene Theil dieser Säulen durch irgend eine Hülle gegen ihre Angriffe geschützt sein mußte, und endlich, daß eine letzte Veränderung im Verhältnisse des Wasserstandes zu der Landhöhe an dieser Stelle vorgegangen sein müsse, welche die Ruinen in die Lage brachte, in welcher wir sie jetzt finden. In Betracht der Zeit, in welche das Versinken und Wiedererheben des Bodens, auf welchem jenes Gebäude steht, gefallen war, nimmt v. Hoff an, daß der Ausbruch der Solfatara im J. 1198 das Versinken des Landes und der Ausbruch des Monte nuovo 1538 die Wiedererhebung dieser Stelle bewirkt habe.

§. 118. Die empordrängenden Gewalten des inneren Erdkörpers zeigten sich uns im Bisherigen auf eine dreifache Weise wirksam: erstlich erschütternd, zweitens entweder ruckweise und plötzlich, oder ununterbrochen hebend, drittens die gehobenen Schichten durchbrechend, wie bei Erhebungskratern. Wird bei dieser Durchbrechung der Erdschichten eine bleibende Verbindung zwischen dem Erdinnern und der Atmosphäre errungen, so entsteht ein eigentlicher Vulkan, in welchem die Reaktion des Inneren gegen die Oberfläche in langen Epochen fortdauert. Wenn dies der Fall ist, so heißt der Vulkan ein noch thätiger, im entgegengesetzten Fall ein erloschener. Es ist jedoch zu bemerken, daß, wie beim Vesuv, jene Reaktion Jahrhunderte lang unterbrochen sein kann, um erst später mit erneuerter Thätigkeit aufzutreten, daß also ein lange Zeit ruhender Vulkan darum noch kein erloschener ist. Nur selten werden einzelne Vulkane isolirt angetroffen, vielmehr hat Humboldt einen Zusammenhang derselben nach Reihen und Gruppen nachgewiesen. Die sämmtlichen Vulkane der kanarischen Inseln sind bloße Abzugskanäle eines unter dem Meere befindlichen Zentralvulkans, dessen Brand im 16. Jahrhundert abwechselnd auf Palma, Lanzerote und Teneriffa zum Ausbruch kam. Der Zusammenhang zwischen dem Vesuv, den liparischen Inseln und dem Aetna geht gleichfalls aus ihren wechselnden Ausbrüchen hervor; ein solcher ist ferner vorhanden unter den Vulkanen der azorischen Inseln, der kleinen Antillen, unter den mexikanischen Vulkanen, denjenigen von Guatemala und Quito u. s. w. Es scheint das Hochland von Quito nicht aus einzelnen Vulkanen, sondern aus einer gemeinschaftlichen von Norden nach Süden sich erstreckenden Wölbung zu bestehen, über welcher der

Cotopaxi, Tunguragua, Antisana und Rucu-Pichincha als einzelne Oeffnungen sich erheben, aus denen wechselsweise die vulkanischen Erzeugnisse ihren Ausgang nehmen, und diese Ansicht haben wir auch für andere Gegenden festzuhalten, die zu den vulkanischen gehören. Die ältere Meinung, daß Vulkane nur auf Inseln oder an Küsten vorkommen, wird durch asiatische Vulkane widerlegt, welche von den nächsten Meeren wol 300—400 Meilen entfernt sind; auch in den Andes tragen die vom Meere entfernten Ketten Vulkane. Bedenkt man, daß vulkanische Kräfte das jetzt trockene Land, großentheils wenigstens, durch eine stets weiter fortschreitende Hebung über das Meer erhoben haben, so begreift man, warum im Ganzen innerhalb ausgedehnter Kontinente die wenigsten Spuren vulkanischer Thätigkeit, die meisten und neuesten aber auf Inseln und an den Küsten angetroffen werden. — Leopold v. Buch nimmt für jeden Vulkan zwei Bildungsepochen an; die erste ist die kegelförmig gehobene und durchbrochene, vormals horizontal gelagerte Erdschicht, die so nach Außen geneigt ist, daß auf der entgegengesetzten inneren Seite eine stark klaffende mittlere Oeffnung entsteht. Diese Oeffnung ist entstanden, indem der mittlere Theil der gehobenen Masse entweder gleich in der Tiefe liegen geblieben, oder noch während der Erhebung wieder niedergesunken ist. Hörten dann die vulkanischen Kräfte auf zu wirken, so war dieses erste großartige Produkt ihrer Thätigkeit ein Erhebungskrater. Allein bei den meisten Vulkanen, zumal bei fast allen noch thätigen, wirkte die vulkanische Kraft fort; sie erfuhren von Zeit zu Zeit wiederholte Auftreibungen, aus deren Oeffnungen neue Auswurfsstoffe aus der Tiefe emporgetrieben wurden, die sich in der Caldera des Erhebungskraters ansammelten und sich nach physikalischen Gesetzen kegelförmig aufhäuften. So entstand der Auswurfskrater, dessen Mündung das obere Ende eines Kanals ist, durch welchen das Erdinnere mit der Atmosphäre in Verbindung steht. „Wo, sagt Humboldt, die Zeugen des ersten Ausbruchs, ich möchte sagen, das alte Gerüste sich vollständig erhalten hat, da steigt der Vulkan aus einem Erhebungskrater empor, da umgibt den isolirten Kegelberg circusartig eine hohe Felsenmauer, ein Mantel, der aus stark aufgerichteten Schichten besteht. Bisweilen ist von dieser circusartigen Umgebung keine Spur mehr sichtbar, und der Vulkan, nicht immer ein Kegelberg, steigt auch als ein langgedehnter Rücken, wie der Pichincha, an dessen Fuß die Stadt Quito liegt, aus der Hochebene auf.“ In Folge zahlreicher Eruptionen kann die Caldera von den Auswurfsstoffen dergestalt ausgefüllt worden sein, daß der Unterschied beider Krater verschwindet, und der Erhebungskrater den Auswurfskrater auf seinen Ringwällen trägt. Man sieht hieraus leicht, daß der Kegel des letzteren Kraters aufgeschüttet, eine Anhäufung von Auswurfsstoffen ist, die man auch den Aschenkegel nennt, dessen Höhe von der Frequenz der Eruption und der Menge der Auswürflinge abhängt. Die

Oeffnungen der Auswurfskrater sind rundlich und von sehr verschiedenem Durchmesser; derselbe ist in der Regel am größten bei kleineren und meist bei erloschenen Vulkanen, kleiner bei höheren und noch thätigen, weil bei den letzteren die wiederholten Eruptionen immer neue Auswürflinge aufhäufen und das Einstürzen der Spitze bis auf beträchtliche Tiefen hindern. Humboldt gibt folgende Beschreibung eines eigentlichen Kraters. „Der Krater, welcher, sehr seltene Fälle ausgenommen, stets den Gipfel der Vulkane einnimmt, bildet ein tiefes, oft zugängliches Kesselthal, dessen Boden beständigen Veränderungen unterworfen ist. Die größere oder geringere Tiefe des Kraters ist bei vielen Vulkanen ein Zeichen des nahen oder fernen Bevorstehens einer Eruption. Es öffnen und schließen sich wechselsweise in dem Kesselthale langgedehnte dampfausströmende Spalten oder kleine rundliche Feuerschlünde, die mit geschmolzenen Massen gefüllt sind. Der Boden steigt und sinkt; in ihm entstehen Schlackenhügel und Auswurfskegel, die sich bisweilen hoch über die Ränder des Kraters erheben, den Vulkanen ganze Jahre lang eine eigenthümliche Physiognomie verleihen, aber urplötzlich während einer neuen Eruption zusammenstürzen und verschwinden. Die Oeffnungen dieser Auswurfskegel, die aus dem Kraterboden aufsteigen, dürfen nicht, wie nur zu oft geschieht, mit dem Krater selbst, der sie einschließt, verwechselt werden. Ist dieser unzugänglich durch ungeheure Tiefe und durch senkrechten Absturz der Ränder nach innen, wie auf dem Vulkan Rucu-Pichincha (14946 Fuß), so blickt man von jenen Rändern auf die Gipfel der Berge hinab, die aus dem theilweise mit Schwefeldampf gefüllten Kesselthal emporragen. Einen wunderbareren und großartigeren Naturanblick habe ich nie genossen. In der Zwischenzeit zweier Eruptionen bietet ein Krater entweder gar kein leuchtendes Phänomen, sondern blos offene Spalten und aufsteigende Wasserdämpfe dar; oder man findet auf seinem kaum erhitzten Boden Schlackenhügel, denen man sich gefahrlos nähern kann. Sie ergötzen gefahrlos den wandernden Geognosten durch das Auswerfen feurigglühender Massen, die auf den Rand des Schlackenkegels herabfallen und deren Erscheinen kleine, ganz lokale Erdstöße regelmäßig vorher verkündigen. Lava ergießt sich bisweilen aus offenen Spalten und kleinen Schlünden in den Krater selbst, ohne den Kraterrand zu durchbrechen und überzufließen. Geschieht aber ein solcher Durchbruch, so fließt die neueröffnete Erdquelle meist dergestalt ruhig und auf so bestimmten Wegen, daß das große Kesselthal, welches man Krater nennt, selbst in dieser Eruptionsepoche besucht werden kann." — Die Höhe der Vulkane ist sehr verschieden; der stets thätige Stromboli ist 2175, der Vesuv 3637, der Aetna 10200, der Pik von Teneriffa 11424 und der Cotopaxi 17892 Fuß hoch, und Humboldt ist der Ansicht, daß das Höhenverhältniß derselben von großem Einfluß auf die Frequenz der Ausbrüche sei, so daß diese in den niederen

weit häufiger als in den höheren vorkommen. Es scheint dieß sehr natürlich zu sein; denn angenommen, der Heerd zweier Vulkane, von denen der eine viermal höher ist als der andere, liege in gleicher Tiefe, so gehört eine größere Kraft dazu, die geschmolzenen Massen zu einer viermal größeren Höhe zu erheben. „Während daß der niedrige Stromboli rastlos arbeitet, wenigstens seit den Zeiten homerischer Sagen, und, ein Leuchtthurm des tyrrhenischen Meeres, den Seefahrern zum leitenden Feuerzeichen wird, sind die höheren Vulkane durch lange Zwischenzeiten von Ruhe charakterisirt. So sehen wir die Eruptionen der meisten Kolosse, welche die Andeskette krönen, fast durch ein ganzes Jahrhundert von einander getrennt. Wo man Ausnahmen von diesem Gesetze bemerkt, auf welches ich längst schon aufmerksam gemacht, mögen sie in dem Umstand gegründet sein, daß die Verbindungen zwischen dem vulkanischen Heerde und dem Ausbruchskrater nicht bei allen Vulkanen, die man vergleicht, in gleichem Maße als permanent frei gedacht werden können. In den niedrigen mag eine Zeitlang der Verbindungskanal verschlossen sein, so daß ihre Ausbrüche seltener werden, ohne daß sie deßhalb dem Erlöschen näher sind." Nicht immer ergießt sich die Lava aus dem Krater selbst, sondern meistens auf Seitenspalten an Stellen, wo die Bergwände den wenigsten Widerstand leisten, und es ereignet sich alsdann bisweilen, daß dort Auswurfskegel aufsteigen, welche die Richtung der Spalte bezeichnen; auch die Hornitos des Jorullo sind solche, in Gruppen zusammengedrängte Auswurfskegel.

Die äußerlich sichtbare Entflammung des Vulkans, die Eruption, gehört unstreitig zu den großartigsten Schauspielen der Natur, und die Erscheinungen dabei unterscheiden sich meistens nur durch größere oder geringere Heftigkeit. Sie bestehen im Allgemeinen im Aufsteigen von Rauch, Wasserdampf und Feuersäulen, im Ergusse von Laven und im Auswerfen einer ungeheuren Menge von Asche, mit kleinen und größeren Steinen vermengt, wozu dann noch die begleitenden oder mit ihnen wechselnden Erdbeben kommen. Obwol Eruptionen sehr oft in Schriften und öffentlichen Blättern beschrieben worden sind, so möge es mir dennoch gestattet sein, Burmeisters treffliche, und alle Einzelnheiten dieses gewaltigen Phänomens umfassende Schilderung hier aufzunehmen. „Geraume Zeit vor dem Eintritt einer wirklichen Eruption pflegen Erderschütterungen das Herannahen einer solchen zu verkünden; besonders wenn der Kratergrund seit einiger Zeit sich mehr gehoben hat und aus der Trichterform langsam während mehrerer Jahre aufsteigend in die einer leicht vertieften Ebene übergegangen ist. Alsdann verrathen auch schon senkrecht aus dem Krater aufsteigende, oberhalb in mannigfachen Wirbeln sich kräuselnde Dämpfe, welche die fruchtbare Einbildungskraft der Italiener seit Jahrhunderten dem schlanken Wuchs der einheimischen Pinien verglichen hat, die bis dahin schlummernde Thätigkeit der unter-

irdischen Mächte deutlicher und geben den Anwohnenden ein mahnendes Zeichen, daß mit ihnen, um mich der Worte des Dichters zu bedienen, kein dauernder, kein ewiger Bund zu flechten sei. Während an manchen Vulkanen diese Rauchsäulen, in Italien Fumarolen genannt, erst bei bevorstehenden Eruptionen sich einstellen, anfangs leichten Wasserdünsten gleichend, hauchen andere Vulkane beständig solche Dunstmassen aus und verkünden die Nähe einer Eruption höchstens durch Vermehrung ihrer Fumarole an Umfang und Intensität der sie bildenden Dämpfe, bis zum Ansehn einer schweren, das Haupt des Berges umlagernden Gewitterwolke. Ehe es jedoch zu einer solchen Höhe der Ausbruchserscheinungen aus dem Krater selbst kommt, zeigen die Entwicklung der Eruption andere Zeichen in seiner Nähe an. So vernimmt man in der Regel gleich anfangs ein eigenthümliches Getöse, das dem Zischen verdampfenden, auf glühende Kohlen geschütteten Wassers gleicht, sich nach und nach bis zum Brausen gewaltsam aus engen Mündungen strömender Dämpfe steigert, und später in wirkliche Detonationen übergeht, wie wenn man fernen Kanonendonner hörte. Mit diesen Geräuschen verbinden sich leise Bebungen des Bodens, die bald zunehmen oder auch jetzt schon sehr heftig sein können, wenn leichte Erderschütterungen allen andern Erscheinungen vorangingen; ein starker Knall, welcher nun zu erfolgen pflegt, und meistens mit einer plötzlichen Entzündung der Rauchsäule verbunden ist, verkündet dann den wahren Anfang der Eruption, die alsbald mit dem Auswerfen glühender Substanzen beginnt und in ähnlicher Thätigkeit bleibt, so lange sie dauert. Jetzt füllt sich auch der durch jene erste Explosion zerrissene Kratergrund mit glühender Lava, die absatzweise an verschiedenen Stellen hervorquillt; oftmals berstet er während dieses Hebens auf's Neue, thürmt sich zu kleinen Schlackenkegeln in seiner Mitte oder an verschiedenen Stellen auf, und stößt jetzt um so stärkere, dunklere Rauchwolken mit immer zunehmendem Geprassel aus. Bei einer solchen Steigerung der Rauchmassen ist die Eruption schon in voller Thätigkeit; sie verfinstert mit ihren Dünsten die Tageshelle und läßt kaum noch dem Lichte der strahlenlosen Sonnenscheibe einen schwachen Durchweg; denn ein feiner aschenartiger Staub fällt aus der Luft herab und zeigt an, daß nicht nur Dampfwolken, daß auch erdige Bestandtheile emporsteigen und von den Dämpfen mit fortgerissen aus den kälteren, minder bewegten Luftschichten der Umgebung mit feinen Wassertropfen gemengt wieder herabfallen. Beide überziehen, gleich einer Trauerdecke, alle benachbarten Gegenstände, und tödten oft schnell und sicher, sei es durch die Hitze, sei es durch den feinen Staub und die Schwefeldämpfe oder die Säuren, welche dem Wasser beigemengt sind, Pflanzen und Thiere. Dabei sieht man fortdauernd die unteren Theile der Rauchmassen erleuchtet, ja flammend; ein Widerschein der im Krater sich hebenden glühenden Lava, welcher mit sichtbarer Intensität zunimmt, wie diese frisch hervor-

quillt und nach oben allmälig schwächer werdend in den Dunstmassen sich verliert, zuletzt nur noch die gewölbten Ränder ihrer Wirbel mit einem glühenden Saume bemalend. Immer lauter wird zugleich das Getöse, immer schneller folgen einander die Schläge, und Donner auf Donner treibt die emporlodernden Dampfmassen zu einer schwindelnden Höhe hinan. Oft fahren, von solchen Explosionen getrieben, die glühenden Körper senkrecht durch die Rauchwolken, neigen sich, wenn ihre Fliehkraft erschöpft ist, unter Bogen, und fallen mit prasselndem Geräusch auf die Kraterwände nieder; hier nach allen Seiten gleich Eisenschlacken, die der Hammerschlag abtreibt, zerspringend. Selbst in der Luft trennen sie sich, wenn ein Theil der unförmlichen Masse, größere Schwere besitzend, eine andere Fliehkraft erhalten hat, und strahlenförmig lösen sie sich dann, gleich aufsteigenden Raketen, in ihre verschiedenartigen Bestandtheile aus einander; und immer schneller und schneller folgen die Stöße, immer lauter wird ihr Knall, immer zahlreicher die Menge der emporgeschleuderten Feuerklumpen, immer stärker das Geprassel ihrer fallenden Bruchstücke. Hier erfaßt wol ein nachfolgender den bereits zurückkehrenden, und die Heftigkeit des Stoßes der sich begegnenden mehrt die Zersplitterung, steigert die gleich platzenden Bomben umhergeschleuderten Stücke. Da nahet auf's Neue das lange gefürchtete, ängstlich erwartete, schaudervolle Erzittern des Bodens, der dem Andrange der eingepreßten Dünste nachgebend sich windet und berstet, und radienförmig nach allen Seiten von der Mitte des Berges aus die Ebene zertrümmert. Und diese Erschütterung ist es, welche unter allen Eruptionserscheinungen den Menschen am meisten schreckt, welche ihn aus dem wirthlichen Dache in die aufgeregte Natur hinaustreibt und ihn nöthigt, sehender Zeuge des großen Ereignisses zu sein, das einst in gesteigerter Höhe die Erdoberfläche bildete und denselben Boden aus dem Meere emportrieb, den es nun seinen andrängenden Wogen in erneuter Katastrophe wieder preisgibt. Doch das Ende des Unheils, so schauerlich schön in seinen einzelnen Zügen, steht nahe bevor. Schon zeigt sich der glühende Fluß leicht gewölbt über den niedrigsten Stellen des Kraters; schon fließt an einzelnen Punkten die geschmolzene Lava herunter und schlängelt sich langsam, eine feurige zähe Masse, an den Wänden des Kegels fort, die niedrigen, ihr im Laufe begegnenden Gesträuche entzündend, daß sie gleich züngelnden Flammen auf ihrer Fläche emporlodere. Bald folgt solchen Vorläufern der feurige Hauptstrom nach. Während aller dieser Erscheinungen immer mehr im Krater emporgestiegen, durch neue, neben den alten hervorbrechende Fluthen näher und näher dem Rande gerückt, endlich sogar polsterartig über den tiefsten Stellen des Randes eine Zeit lang schwebend, sinkt plötzlich, von einem Donnergetön und heftigen Erschütterungen begleitet, die glühende Lava herab, und in demselben Augenblicke strömt sie aus einer entstandenen Spalte tief unten am Fuße des

Kegelberges hervor, anfangs von dem Drucke der über der Oeffnung stehenden Massen selbst fontainenartig aufsteigend und immer breiter, mächtiger in die fruchtbare, von Menschen sorgfältig bebaute Ebene sich ergießend. Schnell windet sich dieser verheerende Fluß mit stets wachsender Gewalt durch die geneigteren Stellen zur wirklichen Ebene hinab und öffnet durch den leer gewordenen Krater den elastischen Stoffen einen Ausweg. Von Asche begleitet und sie mit sich fortführend steigen die Dämpfe einer dunklen Säule gleich auf und gestalten sich hoch in den Lüften zu jener Pinienform, die schon den ältesten Beobachtern auffiel. Dieser majestätische ungeheure Aschenbaum bildet die tragische Schlußscene der ganzen Erscheinung, er breitet seine Krone unheilschwanger über die Ebene aus, und bedeckt sie, sich senkend, mit seinem düsteren Laube auf ewig; an 100 Fuß mächtige Lager hat er einstens über Herkulanum und Pompeji ausgeschüttet. Auf solche Weise begleiten ähnliche Erscheinungen, in größeren, geräuschvolleren Phasen wiederkehrend, den unheilvollen Cyklus der Eruptionsphänomene von ihrer höchsten Entwickelung durch mannigfache Abstufungen rückwärts zu jener unscheinbaren Dampfsäule zurück, welche als der erste Bote so grauenvoller Entwickelungen die Uebergangserscheinungen einleitete. Wenn endlich die Tageshelle diesen durch die großartigsten Leuchtfeuer nur schwach erhellten Finsternissen wieder folgt, so zeigt sich das ganze Bild der Zerstörung in seiner Vollendung; alles urbare Erdreich rings umher ist von aufgeschütteter Asche bedeckt, auf den Wänden des Berges und zu seinem Fuße lagern die tausend und aber tausend Bruchstücke der zersprungenen Auswurfsmassen und zwischen neuen Erdschichten windet sich der noch heiße, glühende, rauchende, selbst flammende Lavastrom im selbst gebildeten Bette zu einer Tiefe, in welcher ihm die Fallhöhe fehlt und der zähe Fluß in sich selbst einen Haltpunkt findet. Alles umher gleicht einer trostlosen Einöde, die grünende Pflanzendecke fehlt, die verdorrten Bäume strecken ihre bestäubten Aeste blattlos in die düsteren Lüfte, und das thierische Leben hat schon längst aufgehört hier zu schlagen, ja es hat in der glühenden Asche selbst die Spuren seines Daseins verloren."

Wenn Burmeister in obiger Schilderung die bei Ausbrüchen sich zeigende, aus dem Krater zu ungeheurer Höhe emporsteigende Feuersäule, die sich selbst vor Sturmwinden nicht beugt, für den Widerschein der im Krater sich hebenden glühenden Lava erklärt, so erblicken dagegen andere Naturforscher in ihr eine Säule von glühenden Steinen und Sand, die so dicht und leuchtend sei, daß man sie für Flamme angesehen habe. Was die zweite Meinung betrifft, so bezweifelt v. Hoff, daß jene glühenden Auswürflinge der Vulkane, die nach dem Auswurfe so schnell erkalten, und, wenn sie auch nur einen kleinen Bogen vom Krater abwärts beschrieben haben, schwarz und nicht glühend zu Boden fallen, bis in die Höhe von 2000 und mehr Fuß eine

solche Lichtstärke behalten sollten, um von geübten und sorgfältigen Beobachtern mit einer Flamme verglichen werden zu können. Auch Humboldt hält das, was man bei Schlackenausbrüchen als Flammen beschreibt, für Lichtreflexe, die von den hochgeschleuderten geschmolzenen Massen ausgehen, theils für Lichtreflexe aus der Tiefe, welche die aufsteigenden Dämpfe erleuchten. „Was aber, fügt er hinzu, die Flammen sein mögen, die man bisweilen während der Thätigkeit von Küstenvulkanen oder kurz vor der Hebung eines vulkanischen Eilandes seit Strabo's Zeiten aus dem tiefen Meere hat aufsteigen sehen, entscheiden wir nicht." Hoff hält dagegen die Flamme für keine Täuschung, und läßt das dazu nöthige Hydrogen aus dem Wasserdampfe entstehen, der den Eruptionserscheinungen vorangeht oder sie begleitet, und der, indem er durch die feurig-flüssigen Massen der Lava durchgeht, augenblicklich — wie das Wasser im glühenden Flintenlaufe — zersetzt werde, so daß das frei gewordene Hydrogen, pfeilschnell entweichend, in die höheren Regionen emporsteige, und so, den zur Verbindung mit dem Sauerstoffgas der Luft erforderlichen Wärmegrad mit sich bringend, die von den Einen gesehenen, von den Anderen geleugneten Flammen hervorbringe. Auch L. v. Buch sieht in der Feuersäule eine Flamme, verursacht durch die Explosion des Wasserstoffgases in der atmosphärischen Luft, indem das in dieser enthaltene Oxygen sich mit ersterem plötzlich und gewaltsam verbinde. Daraus soll auch das Wasser entstehen, welches am Ende des Ausbruchs die gewaltigen vulkanischen Regen hervorbringt. Im Inneren des Vulkans wäre somit keine Flamme, diese entwickelte sich erst beim Ausbruche des Hydrogens in die Atmosphäre. Als beweisend für diese Ansicht nennt L. v. Buch die furchtbaren Detonationen, wenn plötzlich der selbst durch die flüssige Lava entweichende Stoff sich vom Oxygen der Atmosphäre auf allen Seiten umgeben sieht, (denn das Hydrogen entzündet sich nie ohne Knall); ferner den stetsfort erneuerten Donner, wenn die Gewalt der abfließenden Lava auf Augenblicke den aufsteigenden Gasstrom gehemmt hat; endlich die Detonationen, die jedes Aufsteigen großer Flammen aus dem Vulkan begleiten. Oft sucht, nach v. Humboldt und v. Buch, das Oxygen den Gegner (das Hydrogen) selbst bis in die finsteren Höhlungen auf, welche seine mächtige Kraft nur eben gesprengt hat, denn man hörte die Detonationen fürchterlich durch das Innere des Berges wiederhallen. Mag es sich nun mit der Feuersäule bei Eruptionen auf die eine oder die andere Weise verhalten, so ist es immerhin merkwürdig, daß bewährte Beobachter in Beziehung auf das fragliche Phänomen entgegengesetzter Ansicht sind, und weil Untersuchungen über den Gehalt der von mehreren Vulkanen ausgehauchten Gase und Dämpfe, von Boussingault in den Anden, von Davy in Sizilien angestellt, kein Hydrogen zeigten, so nimmt v. Hoff an, daß nur bei den gewaltsamen Ausbrüchen das Hydrogen sich gesondert darstelle, und daß seine Ausscheidung

eben das Gewaltsame hervorbringe, während die bei minderer Erhitzung erfolgenden Exhalationen nur in Dampf verwandeltes Wasser liefern, aber kein zersetztes.

Bevor ich zur Betrachtung der verschiedenartigen Auswurfsstoffe übergehe, verdienen noch einige Phänomene erwähnt zu werden, welche mit der Thätigkeit der Vulkane wenigstens in mittelbarem Zusammenhange stehen. Dahin gehört zuvörderst ein meteorologischer Prozeß, den A. v. Humboldt das vulkanische Gewitter nennt. „Der heiße Wasserdampf, sagt er, welcher während der Eruption aus dem Krater aufsteigt und sich in den Luftkreis ergießt, bildet beim Erkalten ein Gewölk, von dem die viele tausend Fuß hohe Aschen- und Feuersäule umgeben ist. Eine so plötzliche Kondensation der Dämpfe und, wie Gay-Lüssac gezeigt hat, die Entstehung einer Wolke von ungeheurer Oberfläche vermehren die elektrische Spannung. Blitze fahren schlängelnd aus der Aschensäule hervor, und man unterscheidet dann (wie am Ende des Ausbruchs des Vesuvs in den letzten Tagen des Oktobers 1822) deutlichst den rollenden Donner des vulkanischen Gewitters von dem Krachen im Inneren des Vulkans. Die aus der vulkanischen Dampfwolke herabfahrenden Blitze haben einst in Island (am Vulkan Katlagia 17. Oktober 1755), nach Olaffens Bericht, 11 Pferde und 2 Menschen getödtet." — Eigenthümliche, zum Theil meist furchtbare und verheerende Erscheinungen sind mit den Ausbrüchen derjenigen Vulkane verbunden, welche wegen ihrer Höhe oder nördlichen Lage mit Schnee bedeckt sind. Derselbe schmilzt während der Eruption und gesellt so zur Feuersnoth noch die durch Wasser. Als im August 1827 das mit heftigen Erdbeben verbundene Toben des isländischen Vulkans Oeräfa-Yökul begann, folgten sofort Fluthen des durch die erzeugte Hitze geschmolzenen Eises und Schnees, hierauf senkten sich die Eismassen selbst herab und dann erst begann der Auswurf von glühender Asche und von Steinen, welche drei Tage den Himmel so verdunkelten, daß blos das Feuer des Vulkans selbst einige Hellung gab. Gegen die Auswurfsstoffe wußten sich die Menschen zu schützen, aber gegen das siedende Wasser war kein Schutz zu finden, und einige davon überraschte Unglückliche wurden im eigentlichen Sinne gesotten. Beim Ausbruch des Katlagia 1755 stiegen Flammen aus drei Oeffnungen des Berges empor, zugleich wurde durch die Hitze eine solche Menge Eis geschmolzen, daß eine 4 Meilen breite Fluth, welche mächtige Eisblöcke und darin sitzende Felsstücke fortwälzte, das Land vom Berge bis zum Meere bedeckte. Außer der Asche und vielen Bimssteinen wurde auch eine Menge der den Vulkanen eigenthümlichen Feuerkugeln ausgeworfen, aus denen beim Zerplatzen dicke Steine herabfielen. Hierbei ereignete sich auch das merkwürdige Phänomen, daß auf den Aschenregen ein Hagelschauer folgte und in den meisten Hagelkörnern ein kleiner Stein den Kern bildete (Muncke i. N. Gehler).

Auch in den Anden erzeugen die Schneemassen durch plötzliches Schmelzen bei den Eruptionen der dortigen Vulkane furchtbare Ueberschwemmungen, werden aber auch dadurch, daß ihr Wasser ununterbrochen durch die Spalten des Trachytgesteins durchsickert, Veranlassung zu einer ganz eigenthümlichen Erscheinung. „Höhlungen, sagt Humboldt, welche sich an dem Abhange oder am Fuß der Feuerberge befinden, werden so allmälig in unterirdische Wasserbehälter verwandelt, die mit den Alpenbächen des Hochlandes von Quito durch enge Oeffnungen vielfach kommunizieren. Die Fische dieser Alpenbäche vermehren sich vorzugsweise im Dunkel der Höhlen; und wenn dann Erdstöße, die allen Eruptionen der Andeskette vorhergehen, die ganze Masse des Vulkans mächtig erschüttern, so öffnen sich auf einmal die unterirdischen Gewölbe, und es entstürzen ihnen gleichzeitig Wasser, Fische und tuffartiger Schlamm. Dies ist die sonderbare Erscheinung, welche der kleine Wels der Cyklopen, die Prennadilla der Bewohner des Hochlandes von Quito gewährt. Als in der Nacht vom 19. zum 20. Juni 1698 der Gipfel des 18000 Fuß hohen Berges Carguairazo zusammenstürzte, so daß vom Kraterrande nur zwei ungeheure Felshörner stehen blieben, da bedeckten flüssiger Tuff und Unfruchtbarkeit verbreitender Lettenschlamm (lodazales), todte Fische einhüllend, auf fast zwei Quadratmeilen die Felder umher. Ebenso wurden, sieben Jahre früher, die Faulfieber in der Gebirgsstadt Ibarra, nördlich von Quito, einem Fischauswurfe des Vulkans Imbaburu zugeschrieben."

§. 119. Die Erzeugnisse der vulkanischen Thätigkeit unterscheiden sich zwar sehr durch ihre Großartigkeit und Menge, gestatten aber dennoch im Allgemeinen eine Aufzählung derselben, und zwar in Rauch (elastische Flüssigkeiten), Asche, emporgeschleuderte glühende Substanzen und Lava. Jeder dieser Auswurfsstoffe hat wieder sehr mannigfache Bestandtheile und erfordert schon deßhalb und dann auch aus dem Grunde eine nähere Erörterung, weil mit ihnen noch anderweitige Erscheinungen im Zusammenhang stehen.

1. Die Menge des aus den Kratern tobender Vulkane aufsteigenden Rauches, oder besser der elastischen Flüssigkeiten übersteigt alle Vorstellung, was schon daraus hervorgeht, daß jene Flüssigkeiten nicht selten bis zu 10 — 12000 Fuß emporgeschleudert werden. Weitaus der größte Theil derselben ist Wasserdampf, der allen anderen Eruptionserscheinungen voranzugehen pflegt, und nach seiner Abkühlung die vulkanischen Gewitter und Regenschauer erzeugt. An sehr vielen Vulkanen strömt er beständig aus, weil in ihrem Inneren derjenige Hitzgrad beständig vorhanden ist, der zu seiner Bildung aus Wasser erfordert wird. Das Wasser, welches diese Wasserdämpfe liefert, ist einestheils sehr wahrscheinlich, wie das der Quellen, atmosphär. Ursprungs, anderntheils Meereswasser, und die frühere Annahme,

daß es nur Meerwasser sei, welches einen Zugang zu dem vulkanischen Heerde gefunden habe, wird durch diejenigen thätigen Vulkane widerlegt, welche vom Meere entfernt, sogar im Inneren der Kontinente liegen, wohin das Meerwasser unmöglich gelangen kann. So lange der sogenannte vulkanische Rauch eine weißliche Farbe besitzt, ist er größtentheils reiner Wasserdampf, wenn er sich aber dick zeigt, so haben sich mit dem Wasserdampf Kohlenstoff und erdige Substanzen vermischt. Reine Wasserdämpfe werden gewöhnlich nur bei niederer Erhitzung und im Zustande schlummernder Thätigkeit der Vulkane ausgehaucht, bei größeren Hitzgraden dagegen, wobei selbst feste Stoffe in Dampf verwandelt werden, ist es begreiflich, daß die Wasserdämpfe zugleich sogenannte permanente Gase enthalten, als Begleiter der Wasserdämpfe in den Fumarolen. Diese Stoffe verrathen sich leicht und schnell durch ihren eigenthümlichen Geruch, und wirken nicht bloß erstickend, sondern zerstörend auf die Vegetation. Weil einige derselben spezifisch schwerer sind als die Luft, so benutzte ein Weingärtner am Vesuv diesen Umstand zum Schutze seiner Pflanzungen, indem er sie rings mit einem Graben umzog und dadurch die schädlichen Gase ableitete. Obgleich es nun äußerst schwer, ja selbst gefährlich ist, diese Gasarten zu näherer Untersuchung aufzufangen, so werden doch von bewährten Beobachtern als solche bezeichnet: Wasserstoffgas und Kohlensäure mit schwefliger, und Salzsäure gemischt, ferner Schwefeldämpfe *). Durch die Verbindung von Wasser- und Schwefeldämpfen werden Schwefelwasserstoffgas, schweflige Säure und Schwefelsäure erzeugt. Diese Exhalationen von Dämpfen und Gasen, Luftquellen, wie Humboldt sie nennt, sind nicht ohne Einfluß auf Veränderungen der Erdoberfläche. Luftquellen, welche irgend eine Säure enthalten und dabei längere Zeit anhalten, können auf ihre Umgebung sehr mannigfach einwirken, sie zersetzen die Gesteine und entfärben sie. Da die dunklen Laven ihre Farbe dem Titaneisen verdanken, so nehmen solche Laven nach und nach eine weißliche Farbe an und gleichen endlich ganz der Kreide, wenn sich zu dem Titaneisen Säuren gesellen, die mit demselben im Wasser lösliche Verbindungen eingehen. So gehen die Krater von Vulkanen, wenn die Säuren schwefliger Natur sind, in den Zustand einer Solfatara über. Berühmt ist die Solfatara von Pozzuoli am Vesuv, deren schon Homer gedenkt; sie ist ein durch schwefelsaure Dämpfe entfärbter alter vulkanischer Heerd, und steht in naher Verbindung mit dem vulkanischen Heerde des Vesuvs, indem sie vielleicht, wie der Monte nuovo, einem seitlichen Auswurf desselben

---

*) Bischof in s. Wärmelehre des Innern unserer Erde nimmt drei verschiedene Stadien der Vulkane an. Im ersten liefern sie Lava, Asche, Steine u. s. w. nebst Wasserdampf, im zweiten als Solfataren Wasserdämpfe, Kohlensäure und Schwefelwasserstoffgas, im dritten blos Kohlensäure.

seine Entstehung verdankt. Denn so oft der Vesuv in Thätigkeit ist, ruht jene Solfatara, und ein niedersteigender Luftstrom zieht durch ihren Schlot hinab; ruht dagegen der Vulkan, so haucht die Solfatara Rauch und Dämpfe aus. Es existirt also zwischen dieser Solfatara und dem Vesuv eine erwiesene Beziehung, und man kann eine solche auch da nicht verkennen, wo die Dämpfe und Gase in größeren Entfernungen von Vulkanen einem zerspaltenen und aufgeborstenen trachytischen und basaltischen Gestein entsteigen. Die größten bisher bekannt gewordenen Solfataren befinden sich, nach Humboldt, in der Mitte Asiens; so liegt z. B. die große Solfatara von Urumtzi am nördlichen Fuße des Himmelsgebirges, und zwar am Bogdo-Dola, sie hat 5 geogr. Meilen im Umfang, bedeckt sich im Winter nie mit Schnee und ist wie mit feiner Asche gefüllt. Wirft man in diesen Kessel einen Stein, so erheben sich Flammen und lange dauernder Rauch. Aber nicht immer sind die Solfataren von ihren Vulkanen entfernt, manche sind entstanden in den Kratern schlummernder Vulkane, so auf Vulcano in den liparischen Inseln, am Jorullo und Pichincha, auf St. Vincent, Dominica und Guadeloupe in den Antillen u. s. w. Solche Solfataren haben bisweilen ebenfalls Ausbrüche, aber ohne Lavaerguß. — Wenn die schwefelhaltigen Dämpfe in die Luft ausströmen und erkalten, so verdichtet sich der Schwefel, es entstehen Sublimate, die aus gelben pulverförmigen Ueberzügen an den Rändern von Spalten und Ritzen bestehen, aus welchen er hervorströmt. Auch in hohlen Räumen sammeln sich Schwefelsublimate, und die Quantitäten Schwefel, welche sich an solchen Orten niederschlagen, sind zuweilen außerordentlich groß; erfüllt er die nach allen Richtungen ziehenden Spalten am Umfang eines Vulkans, so bildet er unermeßlich reiche Schwefelgänge. Nicht selten krystallisirt der Schwefel in Gesellschaft von Gyps, gerade so wie man ihn auf Gängen und Lagern im Urgebirg antrifft. Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß die Schwefelsäure auch Verbindungen mit Salzbasen eingeht, in welchem Falle sie einen Theil des gewöhnlichen kohlensauren Kalkes in Gyps zu verwandeln scheint, der schwefelsaure Kalkerde ist. Burmeister glaubt daher, daß aus dem häufigen Vorkommen des Schwefels in fast allen vulkanischen Ausbruchstoffen die häufige Anwesenheit des Gypses, zumal als feinkörniger oder Alabaster, zu erklären sei. Eine andere Verbindung der Schwefelsäure ist die mit erdigen Massen, welche durch sie zersetzt werden; so bildet sie mit Thonerde den in manchen vulkanischen Gegenden vorkommenden Alaunstein, den man namentlich in Ungarn und Frankreich häufig findet. — Die oben angeführte Salzsäure (Chlor und Wasserstoff) mit ihren Verbindungen gilt, wie die Schwefelverbindungen, ebenfalls als ein Hauptbestandtheil der vulkanischen Produkte. Sie erscheint meist im Anfang der Eruption in der Gestalt schneeweißer Dämpfe und ist außerdem an ihrem stechenden Geruche kenntlich. Mit Natron zu Kochsalz verbunden,

ist sie bei allen Ausbrüchen reichlich vorhanden, und da das Kochsalz ungefähr bei der Temperatur des glühenden Eisens flüchtig ist, so setzt es sich an manchen Vulkanen, nach Abkühlung der Dämpfe, als Salzkruste an, die dann, wie namentlich am Vesuv, von der ärmeren Volksklasse aufgesucht und für sie eine Quelle des Erwerbes wird. Bei den Ausbrüchen des Hekla auf Island wurde zuweilen eine solche Menge reines Kochsalz erzeugt, daß die Einwohner viele Pferdelasten desselben fortschafften. Noch weit größer ist die Produktion des Salmiaks, eine Verbindung der Salzsäure mit Ammonium. Dämpfe dieses Salzes sind, wegen seiner großen Flüchtigkeit, in den Fumarolen sehr häufig enthalten, und nehmen, wie die Dämpfe des Kochsalzes, wieder die feste Form an, wenn sie abgekühlt werden. Salmiak wird in unermeßlicher Menge namentlich durch die Vulkane im Innern Asiens erzeugt, aus denen ohne Unterlaß Salmiakdämpfe aufsteigen, die in eigens darüber erbauten Hütten abgekühlt werden. Im Jahr 1794 erzeugte der Vesuv bei seinem Ausbruche eine solche Menge von Salmiak, daß er zentnerweise gesammelt wurde. — Da von glaubwürdigen Beobachtern in den Exhalationen des Vesuv und Stromboli keine Kohlensäure entdeckt werden konnte, so nimmt man an, daß dieselbe den Vulkanen am meisten im Zustande schlummernder Thätigkeit, und denjenigen Gegenden entweiche, welche einst der Schauplatz vulkanischer Thätigkeit gewesen sind. Schon vor mehr als 40 Jahren hat L. v. Buch das Ausströmen von kohlensaurem Gas mit den übrigen Phänomenen einer periodischen Eruption in Zusammenhang gebracht und dasselbe als die vierte und letzte Periode derselben bezeichnet, wie Bischoff als die dritte; jetzt läßt man dieses Gas entweder erst beim Erkalten der Laven sich entwickeln, oder durch Glühen von kohlensaurem Kalk in der Tiefe entbunden werden. Am häufigsten beobachtet man die Kohlensäure an den südamerikanischen Vulkanen, auf deren Ausbrüche längere Zeiträume der Ruhe folgen, aber auch in vulkanischen Gegenden älterer und neuerer Zeit, zum Beweis, daß die Vulkanität der Erde auch außer dem Bereich noch thätiger Vulkane in weiter Verbreitung fortdauert. Die Italiener nennen die Stellen, wo Ausströmungen von kohlensaurem Gas in Masse Statt finden, Mofetten, und sie sind ihnen längst bekannt durch ihren verderblichen Einfluß auf den thierischen und menschlichen Organismus. Wochen, oft erst Monate lang nach den Ausbrüchen des Vesuv erscheinen die Mofetten im ganzen Umfang desselben; auf Feldern, in Gärten und Reben, vorzüglich aber in Kellern steigen diese feindlichen Luftquellen auf, und in den letzteren, wenn sie längere Zeit verschlossen waren, ist die Menge von Kohlensäure oft so groß, daß eintretende Personen vor Betäubung sofort bewußtlos niederstürzen. Aber nicht nur im unmittelbaren Bezirk noch thätiger Vulkane, auch in älteren vulkanischen Gebirgspartien kommen Luftquellen von Kohlensäure vor; so im westlichen Böhmen, im

niederrheinischen Schiefergebirg am Laachersee, und ausgezeichneter noch in den tief eingeschnittenen Thälern der Eifel, besonders im Kesselthale bei Wehr. Wenn die Gasausströmungen in der Nähe noch thätiger Vulkane periodisch sind, so sind dagegen diejenigen am Niederrhein und anderwärts perennirend. Eine einzige Gasquelle im Brohlthale liefert in 24 St. gegen 5000 rhein. Kubikfuß Gas, und da man die sämmtliche Produktion jener Gegend füglich tausendmal so groß schätzen kann, so beträgt dieses 5 Millionen Kubikfuß, oder 600000 Pfund Kohlensäure täglich. Wegen der fortdauernden Entwickelung des Gases leitet man den Ursprung dieser Mofetten von der Bildung des Basaltes und sonstiger vulkanischer Produkte aus kohlensaurem Kalk, Natron und Magnesia her, welche Stoffe sich in jenen Felsarten in bedeutender Menge finden, und nimmt dann an, daß die Erzeugung jener vulkanischen Gebilde durch den Einfluß der dauernden inneren Erdwärme bewirkt werde, die erzeugte Kohlensäure aber durch Risse und Spalten nach der Oberfläche der Erde entweiche. Im Unterengadin, am Wege von Schuls nach Fettan, befindet sich eine kleine Höhle, deren Boden Kohlensäure aushaucht, aus welcher die untere Luftschicht besteht; es werden daher dort nicht selten Vögel und andere kleine Thiere, welche in die Höhle hineingerathen sind, todt gefunden. Diese kleine Höhle gleicht demnach der berühmten Hundsgrotte bei Neapel. Ein anderer der Plätze, die ohne Unterlaß neben kohlensaurem auch schwefligsaures Gas liefern, ist das Todesthal oder Giftthal auf der Insel Java; es ist ein längliches Thal von ½ Meile im Umfang, 30 bis 35 Fuß tief, völliq eben, ohne alle Vegetation am Boden, und überall mit Skeletten von Menschen, Tigern, Wildpret und Vögeln aller Art bedeckt; die Knochen eines Menschen, welcher am Rande des Thales umgekommen war, sind so weiß, wie Elfenbein, gebleicht. Merkwürdig ist es, daß der Boden dieses Thales, der aus einer harten, sandigen Substanz besteht, nirgends aus der Entfernung wahrnehmbare Risse oder Spalten zeigt. Alle solche Stellen, die durch Aushauchungen von Kohlensäure und anderer Gase sich auszeichnen, sind gleichsam die Brandstätten der Vorwelt und offenbaren die letzten Regungen der vulkanischen Thätigkeit. Die kohlensauren Luftquellen kommen indeß in größerer Zahl mit Wasser verbunden vor, und es ist sehr wahrscheinlich, daß wenigstens ein Theil der Säuerlinge diesen Ursprung habe, während ein anderer Theil durch Auslaugen von kohlensaurem Kalk entstehen mag (§. 92). So quillt also noch jetzt an verschiedenen Orten, in der Nähe noch thätiger, wie im Verbreitungsbezirk erloschener Vulkane und älterer vulkanischer Distrikte eine wahrhaft unermeßliche und ganz unerschöpfliche Menge Gas aus der Erde, wodurch jedoch wegen der spezif. Schwere dieser Gase die Beschaffenheit des Luftkreises keine Aenderung erleidet. „In den früheren Perioden, sagt Humboldt, wo, bei erhöhter Erdwärme und bei der Häufigkeit noch unausgefüllter

Erdspalten, die Prozesse, welche wir hier beschreiben, mächtiger wirkten, wo Kohlensäure und heiße Wasserdämpfe in größeren Massen sich der Atmosphäre beimischten; muß, wie Adolf Brogniart scharfsinnig entwickelt hat, die junge Pflanzenwelt, fast überall und unabhängig von der geographischen Ortsbreite, zu der üppigsten Fülle und Entwickelung ihrer Organe gelangt sein. In den immer warmen, immer feuchten, mit Kohlensäure überschwängerten Luftschichten müssen die Gewächse in solchem Grade Lebenserregung und Ueberfluß an Nahrungsstoff gefunden haben, daß sie das Material zu den Steinkohlen- und Lignitenschichten hergeben konnten, welche in schwer zu erschöpfenden Massen die physischen Kräfte und den Wohlstand der Völker begründen. Solche Massen sind vorzugsweise, wie in Becken vertheilt, gewissen Punkten Europa's eigen. Sie sind angehäuft in den britischen Inseln, in Belgien, in Frankreich, am Niederrhein und in Oberschlesien. In derselben Urzeit allverbreiteter vulkanischer Thätigkeit ist auch dem Schoße der Erde entquollen die ungeheure Menge Kohlenstoffs, welchen die Kalkgebirge in ihrer Zusammensetzung enthalten und welcher, vom Sauerstoff getrennt und in fester Substanz ausgeschieden, ungefähr den achten Theil der räumlichen Mächtigkeit jener Gebirge ausmachen würde. Was unaufgenommen von den alkalischen Erden dem Luftkreis an Kohlensäure noch beigemengt war, wurde allmälig durch die Vegetation der Vorwelt aufgezehrt, so daß davon der Atmosphäre, wenn sie der Prozeß des Pflanzenlebens gereinigt, nur der so überaus geringe Gehalt übrig blieb, welcher der jetzigen Organisation der Thiere unschädlich ist. Auch häufiger ausbrechende schwefelsaure Dämpfe haben in den vielbelebten Binnenwassern der Urwelt den Untergang von Mollusken- und Fischgattungen, wie die Bildung der vielgekrümmten, wahrscheinlich oft durch Erdbeben erschütterten Gypsflöze bewirkt." — Orte, an denen Wasserstoffgas aus der Erde aufsteigt, nennt man **Gasvulkane**; das Wasserstoffgas läßt sich entzünden, und brennt dann eine längere oder kürzere Zeit, zuweilen ohne Unterbrechung, fort. In Italien sind solche Orte bei **Pietramela** im mittleren Apennin, wo die größte Flamme bei 3 Fuß Durchmesser 5 Fuß Höhe hat, und bei Nacht fast weiß erscheint. Erweitert man die Oeffnung mit einem Stabe, oder stampft man den Boden mit dem Fuße, so wird die Flamme größer. Andere Gasvulkane befinden sich in Frankreich neben der kleinen Stadt **Barthelemy** bei Grenoble, in Ungarn an mehreren Orten, wo der **Bugo** bei Klein-Saros am bekanntesten ist; am bedeutendsten aber und seit den ältesten Zeiten bekannt, sind die brennenden Feuer auf der Insel **Abscheron** bei Baku. Das brennbare Gas ist dort so reichhaltig vorhanden, daß es aus jedem in die Erde gemachten Loche hervorquillt, und steigt am häufigsten aus einem dürren, steinigen Boden von Muschelkalk auf, wo ehemals ein altes Gebäude mit 12 indischen Priestern und anderen Feueranbetern stand. Die Strecke, welche Wasserstoffgas aushaucht, beträgt

ungefähr 2 französische Quadratmeilen und liegt etwa 3 Meilen vom Meere entfernt. Die Menge des in der Gegend von Baku emporsteigenden Wasserstoffgases ist es indeß nicht allein, wodurch sich uns Spuren früherer und anscheinend noch fortdauernder Vulkanität jener kaukasischen Gegend zu erkennen geben, sondern auch der dortige Reichthum an Bergöl, welches durch die unterirdische Hitze zerlegt wird, deutet darauf hin, und es ist sehr wahrscheinlich, daß die vulkanartigen Explosionen, welche sich nicht selten in jenen Gegenden zeigen, aus der starken Gasentwickelung zu erklären sind. Aehnliche Gasvulkane findet man in Kurdistan, in Bengalen, am Eriesee im Staat Newyork und in China, wo es artesische Brunnen sind, Feuerbrunnen bei den Chinesen, weil das aus ihnen aufsteigende brennbare Gas zum Heizen der Salzpfannen benutzt wird, nachdem es durch eine brennende Fackel entzündet worden ist. — Ungleich räthselhafter noch als diese Feuer sind diejenigen, welche zuweilen in Ungarn, Cumana, besonders aber auf der Halbinsel Abscheron und am Ostabfall des Kaukasus beobachtet werden, und es ist noch keineswegs ausgemacht, ob sie überhaupt zu den vulkanischen Erscheinungen zu zählen seien. Nach warmen Regen, bei schwüler Luft, stehen zuweilen die Felder bei Baku in vollen Flammen; zuweilen scheint es, als rolle das Feuer in großen Massen vom Berge herab, zu anderen verläßt es seine Stelle nicht. Dieses Feuer aber zündet nicht und versengt das Gras nicht, ja es wärmt nicht einmal, und doch sieht man das Feuer deutlich, durch einen bläulichen Schein unterschieden. Bei trokenem Ostwinde kennt man das Phänomen nicht, bei dunkeln und warmen Nächten dagegen ist es am stärksten in den Ebenen und die Berge ragen dann dunkel über dasselbe empor. In hellen Nächten, z. B. im Oktober bei Mondschein, verschwindet das Feuer in der Ebene, erleuchtet aber die Bergspitzen des Kaukasus im Osten, wenn man diese von Schirwan aus, westlich von Baku, erblickt, und am meisten steht alsdann der Berg Sughduku (Berg des Paradieses) in demselben (N. Gehler). Verschieden ist der Eindruck, den diese Erscheinung auf den Menschen und auf die Thiere der Karavanen macht; während für jene dieses prachtvolle Feuer ein Gegenstand der Bewunderung ist, erschrecken diese dagegen heftig vor demselben.

In manchen Gegenden strömen Gase, in Verbindung mit grauem oder schwärzlichem Schlamm, aus dem Boden und veranlassen die sogenannten Schlammvulkane. Die Gase sind meist Kohlenwasserstoffgas oder Kohlensäure, in einzelnen Fällen auch Stickgas oder Wasserstoffgas. Diese Bildungen heißen häufig auch Salsen, weil das Wasser meist etwas Kochsalz enthält. Der Schlammauswurf, der meist ruhig und gleichförmig vor sich geht, ist entweder ein fortdauernder oder periodischer, wobei sich in einigen Fällen anscheinende Spuren einer Mitwirkung des Feuers und eines Zusammenhanges mit Vulkanen zeigen. Das Gas, welches die Ursache des

emporgehobenen Schlammes ist, durchbricht von Zeit zu Zeit die Flüssigkeit in Blasen, welche, indem sie an der Oberfläche platzen, den Schlamm in die Höhe werfen. Hat ein Schlammvulkan längere Zeit geruht, so erfolgen stärkere Eruptionen, es werden gewaltsam starke Gasströme ausgestoßen, denen ein dumpfes, aber starkes Geräusch vorangeht und ein Auswurf von Schlamm und Steinen in große Höhe folgt; solche Eruptionen sollen zuweilen auch von Flammen begleitet sein. Man sieht hieraus, daß die Schlammvulkane viele Aehnlichkeit mit den Gasvulkanen haben. Die berühmtesten Schlammvulkane sind die der Krim, hauptsächlich auf der Halbinsel Taman und bei Kertsch; die bei Baku mögen mit den dortigen Gasvulkanen zusammenhangen. Auf Java ist eine Salse, aus deren Wasser das Salz durch die Sonnenstrahlen krystallisirt und dann von den Bewohnern benutzt wird. Allgemein bekannt ist die Salse von Macaluba auf dem öden Hochlande nördlich von Girgenti in Sizilien, sie besteht im Ganzen aus einem Hügel von etwa 150 Fuß Höhe mit einer Menge kleiner, kegelförmiger, inwendig mit nassem Schlamm erfüllter Erhöhungen, in denen anhaltend Gasblasen aufsteigen. Außer dieser gibt es noch mehrere Schlammvulkane in Italien, von gleicher Größe als die von Macaluba, so die Maina unweit Modena, die Sassuola bei Canossa u. s. w. Die Kegel der Salsen, mit einer Böschung von 10° bis 20°, sind theils flach, theils spitz, haben eine verschiedene Höhe von bloß 3 bis 12 und über 100 Fuß, und ebenso sind die Oeffnungen dieser Schlammquellen von verschiedener Größe, indem die einen 6 Fuß, andere 12 Fuß, die auf Taman zuweilen über 100 Fuß im Durchmesser halten. Die Sedimente, welche die Salsen erzeugen, sind in der Regel von keiner großen Ausdehnung; das Schlammplateau der Macaluba mißt etwa 100 Schritt in's Gevierte, größer dagegen sind die Sedimente der Schlammvulkane auf Taman und bei Baku, wo beträchtliche Landesstrecken von einer ziemlich mächtigen Schlammschicht überlagert sind, weil die Kegel der dortigen Salsen 100 und mehr Fuß Höhe haben und breite Schlammströme Stunden weit von ihrem oberen Rande abfließen. „Die Salsen, sagt Humboldt im Kosmos, verdienen mehr Aufmerksamkeit als die Geognosten ihnen bisher geschenkt haben. Man hat die Größe des Phänomens verkannt, weil von den zwei Zuständen, die es durchläuft, in den Beschreibungen gewöhnlich nur bei dem letzteren, dem friedlichen Zustande, in dem sie Jahrhunderte lang beharrten, verweilt wird. Die Entstehung der Salsen ist durch Erdbeben, unterirdischen Donner, Hebung einer ganzen Länderstrecke und einen hohen, aber auf eine kurze Dauer beschränkten Flammenausbruch bezeichnet. Als auf der Insel Abscheron, am kaspischen Meere, östlich von Baku, die Salse von Jokmali sich zu bilden anfing (27. Nov. 1827), loderten die Flammen drei Stunden lang zu einer außerordentlichen Höhe empor; die nachfolgenden 20 Stunden erhoben sie sich kaum 3 Fuß über

den schlammauswerfenden Krater. Bei dem Dorfe Backlichi, westlich von Baku, stieg die Feuersäule so hoch, daß man sie in 6 Meilen Entfernung sehen konnte. Große Felsblöcke, der Tiefe entrissen, wurden weit umhergeschleudert. Diese findet man auch um die gegenwärtig so friedlichen Schlammvulkane von Monte Zibio, nahe bei Sassuolo im nördlichen Italien. Der Zustand des zweiten Stadiums hat sich über 1 ½ Jahrtausende in den von den Alten beschriebenen Salsen von Girgenti (den Macalubi) in Sizilien erhalten. Dort stehen, nahe an einander gereihet, viele kegelförmige Hügel von 8, 10, ja 30 Fuß Höhe, die veränderlich ist, wie ihre Gestaltung. Aus dem oberen, sehr kleinen und mit Wasser gefüllten Becken fließt, unter periodischer Entwickelung von Gas, lettiger Schlamm in Strömen herab. Dieser Schlamm ist gewöhnlich kalt, bisweilen (auf der Insel Java bei Damak in der Provinz Samarang) von hoher Temperatur. Auch die mit Geräusch ausströmenden Gasarten sind verschiedenartig: Wasserstoffgas mit Naphtha gemengt, Kohlensäure und, wie Parrot und ich erwiesen haben (auf der Halbinsel Taman und in den südamerikanischen Volcancitos de Turbaco), fast reines Stickgas. Die Schlammvulkane bieten dem Beobachter, nach dem ersten gewaltsamen Feuerausbruch, der vielleicht in gleichem Maße nicht einmal allen gemein ist, das Bild einer meist ununterbrochen wirkenden, aber schwachen Thätigkeit des inneren Erdkörpers dar. Die Kommunikation mit den tiefen Erdschichten, in denen eine solche Temperatur herrscht, wird bald wieder in ihnen verstopft; und die kalten Ausströmungen der Salsen scheinen zu lehren, daß der Sitz des Phänomens im Beharrungszustande nicht sehr weit von der Oberfläche entfernt sein könne."

2. u. 3. Andere Haupterzeugnisse der Vulkane sind die vulkanische Asche, Sand, Schlacken und Steine. Die sehr feine und leichte, graue, in's Weißliche spielende Asche stellt sich in der Regel erst um die Mitte oder gegen das Ende einer Eruption ein, verdunkelt durch ihre unglaubliche Menge oft große Strecken und wird selbst durch mäßige Winde in große Entfernungen fortgeführt. Wegen ihrer Feinheit und Trockenheit dringt sie durch die engsten Spalten, durch die bestverschlossenen Fenster ein und nimmt die zartesten Eindrücke an; in Pompeji und Herkulanum findet man die genauesten Abdrücke von Gefäßen, ja selbst der Gesichter und Kleider verschütteter Menschen. Ihre Menge ist so außerordentlich groß, daß z. B. bei dem geschichtlich bekannten ersten Ausbruch des Vesuv, 79 Jahr v. Chr., blos durch sie die drei Städte Pompeji, Herkulanum und Stabiä verschüttet worden sind, und noch zu Misenum, über 5 Meilen in gerader Entfernung vom Vesuv, die Tageshelle ganz verfinstert wurde, ja man will damals sogar zu Rom, wie an der afrikanischen Küste, ja selbst in Syrien ihr Fallen beobachtet haben. Für die ungemeinen Entfernungen, in welche die vulkanische Asche durch Winde fortgeführt werden kann, zeugen auch

noch andere Beispiele; so flog sie beim Ausbruch des Aetna im J. 1787 bis Malta, von den isländischen Vulkanen im J. 1783 bis nach den shetländischen Inseln, vom Vulkan auf St. Vincent bis nach der Insel Barbados, und vom Vulkan Tamboro auf Sumbava (eine Sunda-Insel) im J. 1815 bis Benkulen auf Sumatra, was so weit ist, als vom Aetna bis Hamburg (240 geogr. M.); im J. 1812 fiel Asche auf das Deck eines Paketbootes, welches nach Brasilien ging, obschon es über 1000 engl. Meilen von jedem Lande entfernt war. Schwerer und gröber, als die Asche, ist der vulkanische Sand, der aus mehr oder weniger fühlbaren Körnern besteht und zugleich mit Asche niederfällt. Noch größer, als dieser Sand, sind die Lapilli (in der Volkssprache Rapilli), welche ebenfalls oft in sehr großer Menge ausgeworfen werden, und aus zackigen und blasigen kleinen Steintrümmern bestehen. Ihre Farbe ist, je nach ihrem Ursprunge, bald schwarz, bald glühend roth, und es ist begreiflich, daß die Lapilli der letzteren Art wegen ihres geringen Umfanges in der Luft sehr bald erkalten und eben deßhalb, wie andere glühende Mineralsubstanzen, die sich schnell abkühlen, Glasform annehmen. Die größten, durch die Gewalt der aufsteigenden elastischen Substanzen emporgeschleuderten Auswurfsstoffe sind die Schlacken und Steine, die zuweilen einen Durchmesser von 20 bis 30 Fuß haben und in zwei Klassen zerfallen. Die der ersten Klasse heißen Auswürflinge im engeren Sinne, und bestehen aus Steinarten, die dem Vulkan fremd sind; am Vesuv sind es Kalksteine, Feldspath- und Glimmerfelsarten, an den erloschenen Vulkanen der Auvergne, Granit, Gneis und Glimmerschiefer, in den Vulkanen des Niederrheins gefrittete Grauwacken und Schiefer, und müssen durch die aufsteigenden Dämpfe von tiefer liegenden Felsformationen losgerissen worden sein. Die der zweiten Klasse bestehen aus Schlacken und Laven, und zwar meistens aus Bruchstücken flüssiger Laven. Solche flüssig ausgeworfene Lavatrümmer ballen sich in der Luft durch Rotation, und heißen dann vulkanische Bomben, von denen die einen, bereits erstarrt, entweder im Aufprallen zertrümmern, oder ihre runde Gestalt beibehalten, die anderen dagegen, wenn sie im Auffallen noch weich sind, sich zu Scheiben abplatten. Wie die größeren Auswurfsstoffe, bestehen auch die kleineren, die Lapilli, aus Theilen theils der Kraterwände, theils der Lava, welche durch die emporströmenden Gase und Dämpfe in mächtigen Garben kleiner, glühender Steine in die Höhe gerissen werden. Ihrer mineralogischen Beschaffenheit nach gleichen sie ganz den Laven des Vulkans, dem sie angehören. Es sind, nach Studer, Leucitgesteine am Vesuv, Augitlaven vom Aetna, Bimssteine auf den Liparen *). Auf den Abhängen und den näheren Um-

---

*) Das Leucitgestein ist weiß und schwarz gesprenkelt und ist ein krystallinisches Gemenge von Leucit, Augit und Körnern von Magneteisenstein. Der Leucit ist ein den

gebungen bilden diese Lapilli Ablagerungen von einigen Zoll bis viele Fuß Mächtigkeit; aber noch ausgedehntere und mächtigere Ablagerungen entstehen durch die vulkanische Asche und den Sand. Häufen sich beide zu sehr auf den Abhängen des Vulkans, um von diesem länger getragen werden zu können, so gleiten sie herab und breiten sich am Fuße aus. Beim Ausbruch des Vesuv im J. 1822 stürzte ein Sandstrom dieser Art herab und wurde, weil er glühend roth war, aus der Ferne für einen Lavastrom gehalten. Asche und Sand sind gleichsam gepulvert, Lavatheilchen, die, seien sie fein wie Staub, oder grob wie fühlbare Körner, nichts sind als kleine Kryställchen von Feldspath, Augit, Titaneisen, Magneteisen und anderen Bestandtheilen von Laven, welche wegen ihrer Leichtigkeit von den emporDrängenden Dämpfen emporgewirbelt und über die Ebenen ausgeschüttet werden. Der Ursprung der Asche und des Sandes aus Lava ist somit unzweifelhaft, wie aber die Lava sich so fein zertheilen könne, weiß man noch nicht mit Bestimmtheit. Man hat zwar die Beobachtung gemacht, daß geschmolzener Mergel, oder Gemenge von Thon, Kalk und etwas Magneteisenstein, wenn sie in einem starken Feuer zu einer schlackenartigen Masse verwandelt worden, nach dem Erstarren und wenn sie beinahe ganz abgekühlt sind, in eine innere Bewegung gerathen, wobei die Masse in wenig Augenblicken zu einem aschgrauen Pulver zerfällt, und man hat, gestützt auf diese Beobachtung, die Vermuthung ausgesprochen, es möchte die vulkanische Asche bisweilen auf ähnliche Weise entstehen. Da aber große Quantitäten Asche erst dann ausgeworfen werden, wenn schon viele flüssige Lava im Krater vorhanden ist, und kurz nach dem Abfluß der Lava auch die meiste Asche ausgeleert wird, so soll, nach einer anderen Ansicht, die feine Zertheilung der flüssigen Lava von den plötzlichen Durchbrüchen der entweichenden Gase durch die Lava herrühren, indem diese theils dadurch, theils durch den Widerstand der Luft so zerkleinert und zerstreut werde, daß sie in Aschenform davonsprühe, in der Luft erkalte und dann als Asche zurückfalle. — Die Erdlagen, welche durch den vulkanischen Sand- und Aschenregen erzeugt werden, bilden, wenn Wasser sie durchdringt, eine Art vulkanischen Tuffs, eine mehr oder weniger scheinbar gleichartige, lockere, weiche, fast zerreibliche Masse, von Farbe gelblich- oder schwärzlichbraun, aschgrau, röthlich und bräunlich.

Feldspathspezies, die ein charakteristischer Bestandtheil der krystallinischen Laven sind, verwandtes Silicat. Die Leucitlaven stehen den Augitlaven sehr nahe, welche letzteren vorzugsweise aus Augit (einer Verbindung von Kieselerde mit Kalk- und Talkerde) bestehen, wozu sich färbende Metalloxide gesellen, die der Mischung eine dunkle, tiefschwarze Farbe verleihen. Der Bimsstein ist ein mehr oder weniger glasartiges, blasiges, durchlöchertes Gestein von vielfacher verschlungener Textur; seine Farbe ist weiß, in's Gelbliche oder Graue, und er schließt Feldspath, Quarz, Glimmer, Magneteisen, Augit, Hornblende, Leucit und andere Mineralarten ein, und geht, wenn er glasig wird, in Obsidian über.

Bei Emporschleuderung dieser Massen entwickeln die Vulkane eine ungeheure Wurfkraft; der Kotopaxi schleuderte ein Felsenstück von etwa hundert Kubikellen drei Meilen weit, und beim Aetna und Vesuv hat man die Wahrnehmung gemacht, daß die Geschwindigkeit der ausgebrochenen Massen der Anfangsgeschwindigkeit einer Kanonenkugel gleich war. Wenn diese ausgeworfenen Stoffe beim Herabfallen sich am Rand des Kraters anhäufen, so erzeugen sie den Aufschüttungskegel (Eruptions- oder Aschenkegel), dessen Masse noch vermehrt wird durch die überfließenden und auf seinen Seitenflächen erstarrenden Lavaströme. Die Böschung dieser Kegel beträgt gewöhnlich 25° bis 35°, in seltenen Fällen wol auch 45°. Die größeren Auswurfsstoffe werden meistens stoßweise und bei größeren Eruptionen nur die Asche ohne Unterbrechung in die Höhe geworfen; bei dem ungemein schnellen Steigen und nachher beim Fallen sondern sich diese Stoffe von einander ab, die größeren und schwereren fallen früher und näher am Krater nieder, als die leichteren und feineren, und, da die Auswürfe mit sehr verschiedener Intensität erfolgen, so fallen oft die Lapilli der einen da nieder, wo ein früherer den Sand niedergesetzt hatte. Die Ablagerungen auf den Aufschüttungskegeln enthalten daher theils nur Lapilli, theils nur Sand, theils nur Asche, und Schichten der einen wechseln mit Schichten der andern ab, wozu sich noch Ablagerungen von Lava gesellen; größere Blöcke und Auswürflinge sind in den Schichten eingeschlossen, welche dem Krater zunächst liegen. Studer macht in Beziehung auf die Gestalt, welche der Eruptionskegel annehmen kann, auf mehrere nähere Umstände aufmerksam. „Diese Ablagerungen, sagt er, umschließen nicht alle den Berg ganz, indem, je nach dem herrschenden Wind oder der Lage der Oeffnung, die Trümmer bald mehr auf die eine, bald auf die andere Seite des Kegels niederfallen. Hat die Oeffnung, aus welcher der Auswurf erfolgt, die Gestalt eines ungefähr cylindrischen vertikalen Kanals und findet die Aufschüttung nach allen Seiten gleichförmig Statt, so wird der horizontale Durchschnitt des Kegels ein Kreis und die Böschung ist nach allen Punkten der Peripherie gleich. Hat der Kanal die Form einer längeren Spalte, so wird der Kegel verlängert, der horizontale Durchschnitt wird elliptisch, oder der Auswurf erfolgt gleichzeitig auf mehreren Punkten der Spalte, und wenn diese sich nahe liegen, so greifen die verschiedenen Kegelflächen in einander. Oft treibt der Wind die ausgeworfenen Lapilli und Aschen vorherrschend auf die eine Seite des Kegels, so daß der andere Rand gegen diese Seite zurückbleibt; so soll, in Folge des herrschenden Ostpassates, der Westrand der Vulkane in der tropischen Zone höher sein, als der Ostrand. Auch frühere Unebenheiten des Bodens, ältere Kegel z. B., können der regelmäßigen Ausbildung des neu entstehenden Kegels Hindernisse entgegensetzen, oder es kann der Kanal selbst schief stehen und eine Verzerrung der reinen Kegelform verursachen.“ — Noch andere

Veränderungen des festen Theiles der Erdoberfläche werden durch die vulkanischen Eruptionen hervorgebracht, wenn nämlich Vulkane nahe an den Küsten oder auf kleinen Inseln liegen. Denn in diesem Falle werden die Eruptionsstoffe, welche in das Wasser fallen, auf dem Seegrunde Schichten bilden, die, weil die Verbreitung dieser Stoffe theils größer, theils gleichmäßiger ist, von gleichförmiger Dicke und anhaltender Erstreckung sein und sich von denjenigen auf dem trockenen Lande unterscheiden werden, weil sowol der Druck als die chemische Einwirkung der Wassermasse des Meeres auf die Dichtigkeit und mineralogische Beschaffenheit dieser Sedimente Einfluß hat (Studer).

4. Dieselbe Kraft, welche Asche, Lapilli, Schlacken und Steine emporwirft, ist auch Ursache von der Hebung der Lava, des reichlichsten und gewöhnlich gefährlichsten und zerstörendsten Erzeugnisses der Vulkane. Unter Lava versteht man diejenigen mineralischen Substanzen, welche durch Hitze zum dickeren oder dünneren Flusse gebracht worden sind. Wer Gelegenheit hat, im Inneren eines Kraters flüssige Lava zu beobachten, bemerkt eine unverkennbare Aehnlichkeit derselben mit der geschmolzenen Materie in unseren Hochöfen, sie wallt auf und ab, als befände sie sich im Zustande des Kochens. Und doch ist die Lava, wenn sie aus dem Vulkan hervorbricht, keine völlig geschmolzene Masse, wie etwa Metall, vielmehr ist in ihr Flüssiges mit Unflüssigem verbunden, ähnlich wie in den zusammengesetzten Flüssigkeiten, Blut, Honig, Teig, Schlamm, welche ihre Flüssigkeit einem gewissen zwischen ihre nicht flüssigen Theile eindringenden flüssigen Vehikel verdanken; auch soll die Lava, im Vergleich zu glühendflüssigen Metallmassen, wenig Wärmestoff entwickeln, eine Beobachtung Scropes, die jedoch von Anderen widersprochen wird. Scrope nimmt an, daß der Wärmestoff bloß in einem Vehikel in der Lava vorhanden sei, welches die Theile der Lava trenne und dadurch flüssig erhalte. Dieses Vehikel bestehe in einer elastischen luftförmigen Flüssigkeit, die beim Ausströmen der Lava entweicht, und den Wärmestoff, auf welchem ihre Gasform beruht, mit sich fortnehme. Ist diese Ansicht die richtige, so kann diese elastische Flüssigkeit nichts anderes sein, als Wasserdampf, der, im Verhältniß zu den übrigen gasförmigen Erzeugnissen, in weitaus überwiegender Menge aus der Lava erhalten wird, und die innige Verbindung desselben mit den soliden krystallischen Theilen der Lava ist es also, wodurch die Beweglichkeit der letzteren und die daraus folgende Flüssigkeit der Masse bewirkt wird. Die Wasserdämpfe aber werden erzeugt durch die stetsfort aus der Tiefe aufsteigende Hitze, welche das Wasser, welches mechanisch mit den Bestandtheilen der Lava verbunden, d. i. zwischen die Blättchen der dieselbe bildenden Krystalle eingeschoben ist, in Dampf verwandelt. Diese Dämpfe bewirken eine Trennung der Blättchen, und je mehr Dampf erzeugt wird, desto mehr wird die Lava aufgeschwellt und ihr eine expansive Kraft

mitgetheilt, welche der Summe der Elastizitäten aller Theile des erzeugten Dampfes gleich ist, mit welcher die Masse nun gegen die Flächen drückt, die ihrer Ausdehnung im Wege stehen. Durch das beständige Zuströmen der Wärme von unten wird die Expansionskraft der Dämpfe, welche in der Lava eingeschlossen sind, so sehr erhöht, daß, wenn die die Lava einschließenden Wände unverändert bleiben, Hebungen dieser Wände, und, was uns hier zunächst angeht, ein Emporsteigen der Lava die Folge ist. Dieses ist den Grundzügen nach die Theorie von Scrope. Andere suchen die Ursache dieser Hebungen einfach in der Ausdehnung neu gebildeter, einen Ausweg suchender Gase und Dämpfe, ohne ihre Bildung in der Lava selbst vor sich gehen zu lassen. Die Expansivkraft dieser elastischen Flüssigkeiten ist es auch nach dieser Ansicht, welche die den wirklichen Eruptionen vorangehenden Erschütterungen des Bodens bewirken, und da diesen Gasen und Dämpfen die Decke überall da am ehesten nachgibt, wo der Widerstand am schwächsten ist, so drängen sie diesen Widerstand in der Richtung des Kraters empor, entweichen auch zum Theil in dieser Richtung, heben dabei fortdauernd die Decke, schleudern beim Durchbruch die verschiedenen Eruptionsstoffe heraus und sprengen endlich die Wand des Kegels, wenn die im Krater befindliche Lava durch ihren Druck auf die Dämpfe der Tiefe diese nöthigt, durch die Kraterwand selbst einen Ausweg zu suchen. Die Hebung der Lava im Krater des Vulkans geschieht nun nicht erst unmittelbar vor einer Eruption, sondern bisweilen Jahre vorher, und zwar nach und nach. In Folge eines Ausbruches pflegt nämlich der Krater nach dem Abfluß der Lava zusammenzustürzen und sich zu einem tiefen Trichter zu gestalten, dessen Grund durch einen Kanal mit dem Innern in Verbindung steht. Verstopft sich dieser Kanal, so ist dem Inneren des Kanals die Kommunikation mit der Atmosphäre verschlossen. So lange der Krater diese trichterförmige Vertiefung beibehält, ist der Vulkan ruhig, fängt aber der Boden des Trichters an sich zu heben, so daß der Trichter immer flacher wird, so arbeitet der Vulkan an einer neuen Eruption; denn die Hebung des Trichterbodens ist die Wirkung des Aufsteigens der Lava im Krater. Wenn dann die obersten Schichten zäher geworden sind, so bilden sich auf dieser Decke neue Eruptionskegel, an deren Seiten, wie an den Rändern des alten Kraters, von Zeit zu Zeit glühende Lavaströme hervorbrechen und den Boden durch Ueberfließen erhöhen, bis endlich einer dieser Ströme sich über den Kraterrand einen Weg bahnt und dann gewöhnlich nur eine kurze Strecke am Berge hinunterfließt. Ist der Vulkan hoch, so sind die elastischen Flüssigkeiten in der Regel nicht kräftig genug, die Lava bis zur Kratermündung zu heben, oder es besitzen vielmehr die Wände des Berges nicht die hinreichende Stärke, dem Gewicht und Druck der nach horizontaler und vertikaler Dimension gewaltigen Lavasäule zu widerstehen; in diesem Falle bildet sich eine Seitenöffnung, eine

Auswurfsspalte, aus welcher die Lava hervorbricht, wie dieß z. B. bei den Ausbrüchen des Aetna und anderer hoher Vulkane zu geschehen pflegt. Wenn dagegen der Vulkan verhältnißmäßig niedrig ist, so erreicht die Lava gewöhnlich die Mündung des Kraters, fließt über den Rand und von dort an den Abhängen des Berges herab. Sind auf diese Weise die heißen Schlünde des Vulkans entleert, die pressenden Dämpfe entwichen, so wird die noch unten im Krater stehende Lava durch keine empordrängenden Dämpfe mehr abgehalten, ihrer Schwere gemäß zu fallen, sie sinkt wieder in die Tiefe hinab, die trichterförmige Gestalt des Kraters bildet sich auf's Neue, und wenn sich dann nach einem gewissen Zeitraume neue Dämpfe gebildet haben, deren Expansionskraft durch die unausgesetzt von unten strömende Wärme immer mehr erhöht wird, so wiederholt sich die ganze Erscheinung in ähnlicher Weise, wie sie oben angedeutet worden ist.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Lavaströme bewegen, hängt theils vom Fallwinkel, theils von der Menge und von dem Grade der Zähigkeit der Lava ab. Es liegt nach dem, was oben von der Flüssigkeit der Lava gesagt worden ist, in der Natur der Sache, daß sich diese zähe Masse nur langsam bewegt und selbst auf steilen Abhängen, namentlich beim Vesuv, selten eine Geschwindigkeit von 2,5 Fuß in der Sekunde erreicht. Beim Ausbruche des Aetna 1819 brach die glühende Lavamasse aus einer Ausbruchsspalte und bildete wegen der Steilheit des Felsens sogleich eine Feuerkaskade von wenigstens 500 bis 600 Fuß. Der Strom hatte oben eine Breite von 60, unten von 1200 Fuß, legte in zwei Tagen einen Weg von ⅕ geogr. Meilen zurück und gestaltete sich unten zu einem Walle, auf und vor welchem sich die nachfolgende Lava hoch aufthürmte. Beim Pic von Teneriffa gebrauchte die Lava 1797 einige Tage zu einem Wege von 3 engl. Meilen. Dagegen sah man am Vesuv einen Lavastrom eine Strecke von 2400 Fuß in einer Stunde, einen anderen in derselben Zeit eine Strecke von 5400 Fuß zurücklegen, der Ausbruch von 1776 bot einen anderen dar, welcher mehr als 6000 Fuß in 14 Minuten durchlief, und im J. 1805 sah L. v. Buch einen Lavastrom vom Gipfel des Vesuv die mehr als 20000 Fuß entfernte Meeresküste in 3 Stunden erreichen. Allein dieß sind außergewöhnliche Geschwindigkeiten, und in der Regel fließt die Lava viel langsamer; auf flachem Boden braucht sie bisweilen ganze Tage, um nur wenige Fuß vorzurücken. — Was die Gestalt und Beschaffenheit der erstarrten Lava betrifft, so hat auf dieselbe die Neigung des Abhangs, über welchen der Strom fließt, großen Einfluß. „Nach Elie de Baumont, schreibt Studer, hinterlassen Ströme auf Abhängen von 18° und mehr Böschung nur unzusammenhängende Schlackenhaufen. Bei einem Gefäll von weniger als 18° erstarrt zwar die Masse ohne zu zerreißen; aber bis die Neigung weniger als 3° beträgt, zeugt die fürchterliche Rauheit der Oberfläche von dem Kampf des noch flüs-

sigen Theils der Lava mit der erstarrten Kruste, und erst bei fast horizontaler Lage breitet sich die Masse gleichförmig aus, und bildet breite und mächtige Lavafelder. Bei verschiedenen Graden der Fluidität, des spezif. Gewichtes, der mineralogischen Beschaffenheit, des Aggregatszustandes und anderer Eigenschaften der Lava mögen indeß diese Verhältnisse wol eben so bedeutende Veränderungen zeigen, als die Böschung der Stromablagerungen, je nachdem diese aus grobem Kies oder aus Schlamm bestehen. Der Fallwinkel des Lavastroms, der vom oberen Rande des Kegels von Vulkano (1775) sich ergossen hat und nun als eine zusammenhängende Masse die ganze Seitenhöhe des Berges bedeckt, mag wol 25° bis 30° betragen; es scheint diese Lava, da sie sich nicht beträchtlich über den Fuß des Kegels hinaus zu verbreiten vermocht hat, eine sehr zähflüssige gewesen zu sein, wie es sich von der obersten Masse einer mehr als 1000 Fuß tiefen, geschmolzenen Flüssigkeit erwarten läßt. Im Jahr 1669 soll der Lavastrom der M. Rossi, als er die Stadtmauern von Catania erreichte, über dieselben übergeflossen sein und sie an ihrer inneren Seite mit einer stalaktitischen Decke bekleidet, also vertikal zusammenhängende Massen gebildet haben. Durchschneidet der Strom eine mit losen Schlacken oder Sand bedeckte Fläche, so gräbt er sich in dieselbe ein und häuft zu beiden Seiten und am Vorderrand die aufgewühlten Massen zu Wällen auf, die an die Gandecken der Gletscher erinnern. Findet er in seinem Vorschreiten Widerstand, so staut er sich an der Hemmung auf, und unter dem Druck der nachfließenden Masse, die unter der erstarrten Decke zurückgehalten wird, schwillt dieser vordere, nur von losen Schlacken umhüllte Theil zu beträchtlichen Höhen an. Vermag aber an einzelnen Stellen die flüssige Lava die Decke zu zerbrechen, so bildet sie sich zuweilen über der Oeffnung durch schnelles Erstarren der äußeren aufgequollenen Lava konische oder Rauchfängen ähnliche Kanäle, 20 und mehr Fuß hoch, analog den steilen Kegeln der Schlammvulkane. Erleidet das Fließen der Lava Unterbrechungen, oder hat sich die Quelle erschöpft, so hinterläßt die vorgedrungene Masse leere Räume, in welche zuweilen die Decke zurücksinkt, so daß auch in diesem Falle die Mitte des Stromes niedriger werden kann, als sein Rand; häufiger jedoch vermag die erstarrte Decke sich zu halten, und es bleiben unter ihr weite Höhlungen von mehreren Fuß Höhe und oft einigen Klaftern Ausdehnung." — Bei allen Lavenströmen, auch den kleineren, gewahrt man in der Regel Flammen auf ihrer Oberfläche, die man den unter ihnen brennenden Vegetabilien zuschreibt; die Lava, die 1724 und 1730 aus dem Krabla floß, brannte mit einer bläulichen, der vom Schwefel ähnlichen Flamme und einem dicken Rauche, im Ganzen einem Strome geschmolzenen Metalles ähnlich; während der Nacht schien die ganze Gegend in Flammen zu stehen und die Luft selbst entzündet zu sein, wobei unaufhörliche Blitze selbst bis in große Entfernungen sichtbar

waren. — Obgleich man die Glühhitze der Lava dem Schmelzpunkte des Kupfers und Silbers gleich setzt, so wird doch die Lavenoberfläche beinahe augenblicklich fest, so wie sie die Atmosphäre berührt, und gleichzeitig werden Dämpfe in beträchtlicher Menge ausgestoßen; aber die fest gewordene Rinde berstet auch wieder nach allen Richtungen und aus den Spalten steigen Dämpfe empor. Schnell nimmt die anfängliche Glühhitze ab und die Farbe geht durch's Rothe in's Schwarze über; aber die Tiefe, bis zu welcher der Erhärtungsprozeß und die Abkühlung fortschreitet, scheint in geradem Verhältniß mit der Größe des Korns und mit der Regellosigkeit des Gefüges zu wechseln. Wird daher auch die Oberfläche schnell kühl und fest, so ist dieß doch nicht mit dem Inneren des Lavastroms der Fall; hier konzentrirt sich die Hitze und verbleibt oft Jahre lang. Man kennt Ströme, die zehn Jahre nach dem Ausbruch noch floßen, und am Aetna hat man Laven beobachtet, die zwanzig Jahre nach der Eruption noch rauchten, ja die ungeheure, im Inneren stellenweise bis über 480 Fuß mächtige Lavamasse, welche den Jorullo umgibt, rauchte noch 45 Jahre nach ihrem Auswurfe, als Humboldt sie 1803 besuchte. Die Ursache, warum die Lava in ihrem Inneren so lange heiß und glühend bleibt, liegt darin, daß ihre erstarrte obere Rinde, wie überhaupt alle vulkanische Materien und alle glasartigen Flüsse, ein schlechtes Wärmeleitungsvermögen hat, so daß man nicht selten einem im Inneren noch flüssigen Strome, ohne Gefahr verletzt zu werden, sich nahen kann; so konnte Hamilton 1779 mit seinem Führer über einen zwar langsam, aber entschieden noch fließenden Lavastrom von 50 Fuß Breite hinlaufen, und im Jahr 1794 retteten die Weiber von Torre del Greco Schießpulver und sonstige verbrennliche Substanzen über die rothglühende Lava. Als der Lavastrom des Vesuvs im Jahr 1737 in das Karmeliterkloster bei Torre del Greco eindrang, schmolzen die gläsernen Trinkgeschirre, die im Refektorio auf dem Tische standen, zu einer unförmlichen Masse; man sollte daher, wenn Lavaströme das Meer erreichen, Explosionen von großer Heftigkeit erwarten. Allein dieß ist gar oft nicht der Fall; es wird zwar eine gewisse Menge des Wassers, das die glühende Lava zunächst umgibt, in Dampf verwandelt, aber das augenblicklich eintretende Festwerden der Oberfläche hindert jede weitere Berührung, und Spalten, die in der erhärtenden Lava entstehen, machen durch die augenblicklich ausgestoßenen Dämpfe das Eindringen des überfließenden Wassers unmöglich, bis die Wandungen solcher Spalten Festigkeit erlangt haben und verhältnißmäßig abgekühlt sind. — Die Menge der bei einem Ergusse erzeugten Lava ist ungleich, oft außerordentlich groß. Der Lavastrom, welcher 1669 vom Aetna herabfloß, war $^2/_5$ geogr. Meilen breit, 3 Meilen lang und im Mittel 200' hoch, und seinen Inhalt berechnete man zu 11750 Millionen Kubikfuß; der im Jahr 1783 in Island gebildete Strom war 4 franz. Meilen breit, 20

geogr. Meilen lang und im Mittel 600 Fuß tief, er bedeckt 60 Quadratmeilen und sein Inhalt wird zu 86640 Millionen Kubiktoisen geschätzt, was 6mal die Größe des Montblanc, 361mal die Größe des ganzen Vesuv beträgt. Die vom Vesuv in den Jahren 1757, 1760, 1767, 1779 und 1794 ausgeworfene Lava wird zu 1537 Millionen Kubikfuß berechnet, und wenn man die übrigen erzeugten vulkanischen Produkte dazu zählt, so kann das Ganze füglich zu 3000 Mill. Kubikfuß angenommen werden (N. Gehler). — Solche Lavamassen erhöhen also den Boden in der Umgebung der Vulkane und reichen bis in unbekannte Tiefen und bis in meilenweite Entfernung von der Achse des Kegels. An einigen Vulkanen findet sich die Lava plattenförmig oder schiefrig, wie auf Lipari und am Aetna, die der Scala bei Portici ist, nach Studer, in mehrere Fuß mächtige, horizontale oder schwach dem Meere zufallende Straten abgesondert, und theilt sich noch tiefer in vertikale, 3 bis 4 Fuß dicke, meist sechsseitige Prismen, die auffallend an die Basaltbildungen erinnern, wie denn überhaupt der wesentliche Charakter der Lava, wenigstens derjenigen des Vesuv, der des Basaltes ist. Aber die Lava überlagert nicht nur die Abhänge und die Umgebungen eines Vulkans, sie dringt auch von unten in die Klüfte und Spalten desselben und des angrenzenden Bodens ein. Es ist natürlich ganz dieselbe Kraft, welche die Lava an den oberen Rand des Kraters und in die Oeffnungen der Ausbruchsspalten treibt, und jene Klüfte und Spalten mit ihrer Masse inficirt; es ist die aus der Tiefe wirkende Gewalt der Gase und Dämpfe, welche, indem sie die Gesteinmasse des Vulkans erschüttert, zugleich Urheberin jener Klüfte und Spalten wird. Man nennt sie Gänge, und es geht aus ihrer Entstehungsart hervor, daß sie in ihrer Struktur unabhängig sind von jener der Gebirgslagen, welche sie durch Vermittlung vulkanischer Mächte durchsetzen. Ihre Erfüllung mit feurig-flüssiger Lava bringt in die Felsart des Vulkans eine von dieser mehr oder weniger abweichende Mineralsubstanz (Gangart), und ist dieß nicht der Fall, so ist die Gangart doch meist durch andere Eigenthümlichkeiten von derselben unterscheidbar. „An den vertikalen Abstürzen alter Krater, sagt Studer, sind die Gangausfüllungen oft sehr schön entblößt; es steigen die Gänge vertikal oder in Biegungen, die Lapilli- oder Lavaschichten durchbrechend, in die Höhe, keilen hier sich aus, noch ehe sie die Oberfläche erreicht haben, oder drängen sich zwischen die Schichten ein und verlieren sich, ohne daß man sie bei der Gleichartigkeit des Gesteins mit Sicherheit weiter verfolgen kann. Nicht selten ist die Lava dieser Gänge senkrecht auf die Wandungen der Spalte prismatisch abgesondert. Der frühere Kegel des Vesuv, der sich in der Somma zum Theil noch erhalten hat, zeigt an seinem Absturz gegen das Atrio del Cavallo (Fig. 51) zahlreiche, zum Theil klafterdicke Gänge, und auch an den Wänden des jetzigen Kraters fehlen sie nicht." Diese Gang-

bildungen kommen auch in Gegenden vor, die jetzt nicht mehr zu den vulkanisch thätigen gehören, und da die Steinart dieser Gänge zum Theil von derjenigen neuerer Laven nicht wesentlich verschieden ist, so kann über die Entstehungsweise derselben kein Zweifel obwalten. Das eine Mal nehmen sie nach unten an Mächtigkeit zu und erscheinen dann als Aeste und Zweige tiefer liegender Lavamassen, andere Male dagegen ist die Gangmasse von oben herab in Spalten und Klüfte eingedrungen, so daß sie mit ausgebreiteten vulkanischen Massen über ihnen zusammenhängen. — Sehr interessant sind ferner die verschiedenen Veränderungen, welche theils durch unmittelbare Berührung mit der feurig-flüssigen Lava, theils schon durch ihre Nähe, oder auch durch das, was ihr Hervortreten begleitet hat, andere Mineralsubstanzen erleiden. Man begreift alle diese Umwandlungen unter dem Namen des Metamorphismus der Gesteine. Eine sehr gewöhnliche Aenderung dieser Art erleidet die Farbe, indem durch die Hitze der Lava das organische Pigment aus den erdigen Schichten ganz oder theilweise verjagt wird. So zeigen sich namentlich die schwarzen Thonschiefer in der Nähe vulkanischer Gänge heller gefärbt, weil ein Theil ihres bituminösen oder kohligen Farbestoffs durch die Hitze entfernt worden war; in jüngeren Formationen sind die Thonlager sogar roth gefärbt, wie unsere künstlichen Ziegel. In anderen Fällen wurden Mischungsantheile ausgeschieden, indem sie durch die Hitze verflüchtigt wurden. Sehr allgemein kommt dieß bei Gesteinen vor, in denen Wasser einen Mischungsantheil ausmacht; durch Austreiben desselben erfolgte ein Zusammenziehen der Gesteinmasse und eine Vermehrung ihrer Härte und Festigkeit. Wurden aber bei anderen Gesteinarten solche Mischungsantheile nicht ausgeschieden, so erlitt das Gestein durch die vulkanische Hitze doch eine Aenderung seines Gefüges; so fand man Kalksteinstücke, die, unter einem starken Drucke geschmolzen, zwar ihre Kohlensäure behalten hatten, aber sandig-körnig geworden waren. Feste Gesteine wurden ferner, nachdem sie von säurenhaltigen Gasen durchdrungen worden, aufgelockert und in erdige Substanzen verwandelt. Auch Verglasungen, Verschlackungen und Schmelzungen sind beobachtet worden; so fand man, um nur einige Beispiele anzuführen, Feuersteine ganz undurchscheinend, zerborsten und an den Kanten wie an der Oberfläche zusammengeschmolzen, oder es zeigten sich Thonschieferstücke überglast, oder aufgebläht, blasig, theils auch ganz verschlackt, und Aehnliches hat man an Granitbruchstücken beobachtet, welche in basaltischen Laven eingehüllt waren. Fassen wir nun alles, was über Eruptionen der Vulkane bisher gesagt worden ist, zusammen, so erhalten wir durch die vulkanische Thätigkeit 3 Gesteinarten: 1) Eruptionsgesteine durch den Erguß von Lavaströmen; 2) Eruptionsgesteine durch das Niederfallen von Auswurfsstoffen in der Luft und im Wasser, vulkanische Sedimente; 3) metamorphosirtes Gestein,

in seinem inneren Gewebe, seiner Farbe und seiner Schichtenlage entweder durch Berührung mit vulkanischen, feurig-flüssigen Massen, oder durch dampfartige Sublimationen von Stoffen umgewandelt. Erinnern wir uns dann ferner aus den früheren Paragraphen an die Absetzungen aus Flüssigkeiten, in denen die kleinsten Theile aufgelöst waren oder schwebten, an die gesteinbildende Kraft mikroskopischer Thiere, oder an die mechanischen Zusammensetzungen von Trümmern verschiedener Gesteinarten, so hätten wir bisher einen fünffachen Entstehungsprozeß von Gebirgsarten kennen gelernt. Wir können dieselben aber, nach Humboldt, füglich unter vier Hauptarten rubriziren: 1) vulkanische Felsarten, welche in geschmolzenem Zustande ausgebrochen sind; 2) Sedimentgesteine, die entweder aus Wasser oder Luft sich an der Oberfläche der Erdrinde niedergeschlagen und abgesetzt haben; 3) metamorphisirtes Gestein, das, früher erhärtet, entweder durch das heiß-flüssige Hervortreten von Laven, oder durch heiße Dämpfe umgewandelt wurden, und endlich 4) Konglomerate, entstanden durch Verkittung zertrümmerter, oft ganz ungleichartiger Felsarten. „Diese vierfachen Gesteinbildungen, sagt Humboldt, sind Erscheinungen und Bildungsprozesse, die gleichsam nur als ein schwacher Abglanz von dem zu betrachten sein möchten, was bei intensiverer Thätigkeit des Erdenlebens in dem chaotischen Zustande der Urwelt, unter ganz anderen Bedingungen des Druckes und einer erhöhten Temperatur, sowol der ganzen Erdrinde, als des mit Dämpfen überfüllten und weit ausgedehnteren Luftkreises, geschehen ist.“

Was endlich die Beschaffenheit der mineralischen Bestandtheile der Laven betrifft, so bestehen im Allgemeinen die oryktognostisch einfachen Fossilien derselben aus Feldspath, Leuzit, Augit und titanhaltigem Magneteisen mit beigemengten Glimmern. Allein selbst nahe gelegene Vulkane zeigen einen meist auffallenden Unterschied in ihren Laven, ja sogar die Laven eines und desselben Vulkans sind, je nach der Zeit ihres Auswurfes, einander ungleich: überhaupt sind Farbe, Dichtigkeit, Bruch und spezif. Gewicht bei den verschiedenen Laven so abweichend, daß man keine Beschreibung entwerfen kann, die auf alle paßt. Nimmt man an, daß vorhandene Felsarten die Urmassen oder das Muttergestein der Laven seien, so liegen die bedingenden Ursachen der mannigfaltigen Beschaffenheit des mineralischen Bestandes der letzteren theils in der ursprünglichen Verschiedenheit jener Gesteine, die in den vulkanischen Heerden Umwandlungen erleiden, theils in den vielartigen Aenderungen, welche während des Erhebungsprozesses Statt zu finden pflegen, der in den häufigsten Fällen von mehrmaligen Aufschwellungen und Wiedererstarrungen begleitet ist. Wenn auch die Art und Weise solcher Aenderungen schwierig zu erklären ist, so ist es doch sehr wahrscheinlich, daß, mochten auch die Muttergesteine der Laven ursprünglich gleich oder ähnlich sein, durch den erwähnten Erhebungsprozeß Unterschiede in die

Laven gebracht wurden. Solcher Hauptunterschiede ist oben schon, in der Anmerkung zu 2 und 3 dieses Paragraphen, Erwähnung gethan worden, und ich bemerke hier nur noch, daß dieselben durch manche Mittelstufen in einander übergehen. Dieß ist z. B. der Fall mit den Augitlaven, die durch Phonolith oder Klingstein (eine feldspathhaltige Grundmasse, welcher andere wasserhaltige Kieselverbindungen und Eisenoxyde beigemengt sind) in die Feldspathlaven übergehen, welche eine hellere Farbe haben und in dieser Beziehung, wie im Gefüge, den Graniten oder Porphyren gleichen, je nach dem der Feldspath mehr oder minder vollständig krystallinisch ist. Die Augitlaven dagegen, denen der Feldspath nie ganz fehlt, bilden oft wahre Basalte oder Dolerite, je nach dem der Feldspath darin häufiger wird. Tritt in ihnen der Leuzit auf, so erhalten sie ein schlackiges Ansehen, und man nennt sie alsdann Leuzitlaven. — Hinsichtlich der Form unterscheidet man erdige, Stein- und Glaslaven, unter denen die letzteren interessante Erscheinungen darbieten. Ein vorzüglicher Bestandtheil dieser Laven ist der Obsidian, klingend und schneidend wie Glas, eine homogene, schwarze, in's Braune, Grüne und Graue verlaufende Substanz, welche ohne alle krystallinische Struktur ist und das Mittel hält zwischen Glas und Schmelz, doch häufiger ausgezeichnet glasig ist. Der Obsidian stammt von Felsarten ab, auf welche die vulkanische Gluthhitze einwirkte, und ist, nach L. v. Buch, namentlich aus Trachyt*) durch Schmelzung entstanden. Die Mischung dieses Fossils ist derjenigen eines Glasflusses ähnlich, und besteht aus Kieselerde mit Thonerde und einem Alkali und wird durch Titaneisen schwarz gefärbt. Seine glasartige Natur ist die Folge von schneller Abkühlung; Beobachtungen und Versuche, mit denen wir später bekannt werden sollen, haben nämlich gelehrt, daß eine geschmolzene Mineralmasse, wie diejenige der Laven, krystallinisches Gefüge annimmt, wenn sie sich sehr langsam, dagegen glasig wird, wenn sie sich schnell abkühlt. Der lockere, poröse, einem fest gewordenen Schaume ähnliche, weißliche oder grauliche Bimsstein, der in vielen vulkanischen Gegenden gefunden wird, zeigt ganz dieselbe Mischung, wie der Obsidian. Da nun in einigen Gegenden, namentlich am Pic von Teneriffa, Obsidianströme beobachtet worden sind, deren Oberfläche aus glasigem Bimsstein bestand, der oben farbenlos, unten stets dichter und immer mehr mit der Farbe des Obsidians erschien, so bleibt kein Zweifel übrig, daß der reine, weiße Bimsstein aus dem Obsidian, und somit auch aus dem Trachyt entstehe. Das Schaumartige des Bimssteins rührt von heftigen Gasentwickelungen in der glühenden Masse, hauptsächlich von ver-

*) Glasiger Feldspath, der stellenweise sich in einzelne isolirte Krystalle absondert, mit denen andere Krystalle von Glimmer, Hornblende, Augit, Quarz, selbst Kalkspath und Titaneisen abwechseln.

dampfendem Kali her. Wenn, in Folge einer langsamen Erkaltung der heiß-flüssigen Masse, in den erstarrten Laven der krystallinische Charakter vorherrscht, so erhalten wir Steinlaven, die granitische heißen, wenn sie ein entschieden krystallinisches Gefüge und Absonderungen ihrer verschiedenen Bestandtheile in große Partieen zeigen, oder Porphyrlaven, wenn in einer derben Grundmasse einzelne abgesonderte Krystalle wie eingeknetet auftreten, oder endlich basaltische Laven, wenn in ihnen die krystallinische Substanz feinkörnig, innig und gleichmäßig gemischt ist. Sind die krystallinischen Theilchen sehr klein und sehr fein, so heißen die Laven erdige. Manche dieser Laven enthalten übrigens Blasenräume, die, wie beim Bimsstein, in den oberen Schichten größer und zahlreicher erscheinen, als in den unteren, und in vielen Fällen entschiedene Längenerstreckung nach einer Richtung zeigen, wahrscheinlich deßhalb, weil die schnelle Erkaltung der Lava den Blasenraum hinderte, sich nach allen Seiten gleichmäßig auszudehnen; häufig sind diese Blasenräume mit kleinen Kryställchen fremder Substanzen überzogen.

§. 120. Schon früher, §. 93, ist von den heißen Quellen die Rede gewesen und die Ansicht ausgesprochen worden, daß dieselben überall, in größerer oder geringerer Nähe erloschener oder noch thätiger Vulkane, zu betrachten seien als das Produkt einer in der Erdtiefe fortdauernden vulkanischen Regung. Es ist in neueren Zeiten in der That außer Zweifel gesetzt worden, daß die Ursache der Hitze solcher Quellen nicht in ihrer unmittelbaren Nähe, sondern in großer Tiefe zu suchen sei, daß somit die Thermen ihre höhere Temperatur der inneren Erdwärme verdanken. Mit dieser hängt ja aber auch die Vulkanität zusammen (§. 117), die, wie die Erdwärme, in der Erdtiefe überall verbreitet ist, wenn auch schon die vulkanischen Oeffnungen (die eigentlichen Vulkane) gegenwärtig verhältnißmäßig nur sparsam auf der Oberfläche unsers Planeten angetroffen werden. Die Thermen müssen unbestreitbar sowol da, wo die äußerlichen Wirkungen vulkanischer Thätigkeit lange unterblieben, oder auch gänzlich aufhörten, als in der Nähe thätiger Vulkane als Beweise noch fortdauernder Thätigkeit des tiefer liegenden Feuerheerdes gelten. Oder wie ließe sich z. B. die Erscheinung anders erklären, daß die Source de la Reine zu Bagneres in den Pyrenäen bis 1755 kalt war, nach dem Erdbeben von Lissabon aber eine Wärme von 51° C zeigte, als durch vulkanische Einflüsse? Damit scheint auch die Beobachtung übereinzustimmen, daß heiße Quellen vorzugsweise aus Urgebirgen da, wo diese an andere Felsarten grenzen, hervorkommen; Urgebirgsarten sind aber in früheren Zeitaltern unsers Erdballs auf ähnliche Weise aus dem Inneren an die Oberfläche emporgehoben worden, wie noch heutzutage die Laven. Doch es kann hier nicht von den Thermen im Allgemeinen die Rede sein, sondern nur von denjenigen, die in der Nähe noch

thätiger Vulkane eine gewöhnliche Erscheinung und erweislich ein Erzeugniß derselben sind. Unter allen vulkanischen Landstrichen der Erde ist keiner so reich an solchen Quellen, als Island, und die meisten der dortigen Thermen sind siedend heiß. Die bedeutendsten derselben, die Geiser, sind oben §. 89 besprochen worden, und an Großartigkeit und Stärke kommen ihnen keine der bekannten gleich. Bei Ystlan, unfern la Barca in Mexiko finden sich einige hundert Quellen auf einem Raume von 3/8 engl. Geviertmeilen; im Jahr 1820 wurde hier durch ein Erdbeben eine große Spalte geöffnet, aus welcher siedende Quellen, theils helles, reines Wasser, theils Schlamm, empordrangen. Eine Menge heißer Quellen sind auf der Insel Ischia im Golf von Neapel und im Bereiche der vulkanischen Gruppe beider Sizilien; überhaupt findet man in der Nähe noch thätiger, oder seit langer Zeit ruhender Vulkane zahlreiche heiße Quellen. Die Bestandtheile derselben im Bezirke thätiger Vulkane sind dieselben Gasarten, die man in Vulkanen und bei Erdbeben sich entwickeln sieht, und außerdem mehr oder weniger von Salzen und Metallen. Ihre Hitze verdanken sie vulkanischen Kräften; ihr Wasser ist atmosphärischen Ursprungs. Die zerrissenen Schichten der den Vulkan umgebenden Felsarten gestalten dem letzteren ein leichtes Niedergehen, es fließt den in's Innere dringenden Spalten zu, auf diesen abwärts in die Tiefe, wo es mit den glühenden Wandungen des vulkanischen Heerdes in Berührung kommt und sich in Dämpfe verwandelt; diese, bei ihrem Aufsteigen wieder abgekühlt, kondensiren sich zu Wasser und treten als heiße Quellen zu Tage. Wo es nicht so tief eindringt, um Dampfgestalt anzunehmen, kommt es immerhin mit heißem Gestein in Berührung; der Druck nachfolgender, kälterer Wassersäulen, oder die Kraft elastischer Dämpfe treibt dasselbe wieder an die Oberfläche, wo es auch in diesem Falle als Therme zum Vorschein kommt. „Einen der auffallendsten Beweise, bemerkt Humboldt, von der Entstehung heißer Quellen durch das Herabsinken kalter Meteorwasser in das Innere der Erde und durch Berührung mit einem vulkanischen Heerde hat erst im vorigen Jahrhundert ein vor meiner amerikanischen Reise unbekannter Vulkan, der von Jorullo in Mexiko, dargeboten. Als sich derselbe im September 1759 plötzlich als ein Berg von 1580 Fuß über die umliegende Ebene erhob, verschwanden die zwei kleinen Flüsse, Rios de Cuitimba y de San Pedro, und erschienen einige Zeit nachher unter furchtbaren Erdstößen als heiße Quellen. Ich fand im Jahr 1803 ihre Temperatur zu 65°,8 C."

§. 121. Die erloschenen Vulkane sind die Zeugen einer vulkanischen Thätigkeit, von welcher zwar jede Ueberlieferung schweigt, die aber doch einer Periode anzugehören scheint, in welcher unsere Kontinente ihre jetzige Gestalt schon größtentheils erhalten haben mochten. Wie früher von älteren Strom-, Gletscher- und Infusorienbildungen, die ebenfalls einer vorhistorischen Zeit

angehören, die Rede war, so müssen auch die erloschenen Vulkane hier noch mit einigen Worten näher erwähnt werden. Im Allgemeinen kann man diejenigen Berge als erloschene oder ausgebrannte Vulkane bezeichnen, deren Felsarten uns deutlich zu erkennen geben, daß sie früher in einem mehr oder minder feurigen Flusse gewesen sind, wie Basalte nebst den Doleriten, Trachyte und andere Felsarten mehr. Man rechnet diese Gesteine mit Recht ebenfalls unter die vulkanischen, weil die aus ihnen bestehenden Gebirge die auffallendste Aehnlichkeit mit gegenwärtig noch brennenden Vulkanen haben, und weil sich überhaupt an diesen Gebirgen sowol, als an ihren Umgebungen zahlreiche Spuren von Feuereinwirkungen kund geben. Die eben genannten Felsarten sind nämlich, wie die Laven, unter der Mitwirkung des Feuers an die Oberfläche getreten, aber nicht allemal ist dasselbe an der äußeren Erdoberfläche sichtbar zum Vorschein gekommen. Man kann daher, wenn man schärfer unterscheiden will, die so entstandenen Erhöhungen und Berge, aus der Zahl der im engeren Sinn sogenannten erloschenen und ausgebrannten Vulkane ausschließen, immerhin aber wird man sie zu den vulkanischen Bergen zählen müssen. In diesem Falle würde man unterscheiden Erhebungen, die ihre Entstehung aufgehäuften Substanzen verdanken, wie solche jetzt noch aus den Kratern brennender Vulkane ausgeworfen werden, und solche, die ihren Ursprung durch das Emporquellen einer heißen, anscheinend zähen Masse aus dem Inneren des Erdballs erhalten haben. Solche Massen bestehen vorzüglich aus Basalten und Doleriten, die überall, wo sie die über ihnen befindliche Erdkruste durchbrachen, die dadurch entstandenen Räume ausfüllten, sich über sie erhoben und auch wol seitwärts abfließend einen Theil dieser Kruste überdeckten. Solche basaltische Gebilde sind überaus zahlreich, indem sie in allen Erdtheilen angetroffen werden. Will man sie nicht zu den erloschenen Vulkanen zählen, so wird man dagegen diejenigen Berge, bei denen man noch Spuren früherer Krater und selbst Laven findet, die den später ausgeworfenen vollkommen gleichen, von den basaltischen Gesteinen aber schwer zu sondern sind, mit vollem Rechte unter die ausgebrannten Vulkane zählen dürfen, obwol es auch bei dieser Beschränkung des Begriffes schwierig ist, zu bestimmen, welche vulkanische Berge den erloschenen, oder den noch thätigen beizuzählen seien. Die Entstehung neuer Vulkane während der geschichtlichen Zeit an Orten, die nicht durch Bergketten ausgezeichnet sind, und im Meere, die Eruptionen jetzt thätiger Vulkane erst nach Jahrhunderten der Ruhe, wie die des Vesuv im Jahr 79 v. Chr., des Vulkans auf St. Vincent im Jahr 1812, zeigen uns, daß von keiner Gegend der Erde versichert werden kann, sie sei von den Gefahren der vulkanischen Thätigkeit frei, wie denn auch die Erdbeben, welche mit den Vulkanen innigst verwandt sind, wol nicht leicht irgend einen Punkt der Erde ganz verschonen. Man wird demnach als erloschene Vulkane diejenigen be-

zeichnen können, bei denen sich die Eruptionserscheinungen nicht mehr zeigen, ohne damit zwischen ihnen und den noch thätigen eine scharfe Grenze ziehen oder bestimmen zu wollen, daß sie nicht nach längerer Zeit wieder thätig werden könnten. — Die älteren vulkanischen Bildungen unterscheiden sich von denjenigen, welche noch unter unsern Augen vorgehen, durch ihre größeren Dimensionen, selbst da, wo sie mit den heutigen die nächste Verwandtschaft zeigen, und deuten dadurch vielleicht auf einstige gewaltigere Kraftäußerungen der Vulkanität, auf eine heftigere Reaktion des Erdinneren gegen die Oberfläche, wenn sie ihren Grund nicht in einer vormals dünneren Erdrinde haben, welche den empordrängenden Gewalten geringeren Widerstand zu leisten vermöchte. Studer hat für die vertikale Höhe der durch Auswurf entstandenen Kegel und für den Durchmesser der Krater neuerer und älterer Vulkane Tabellen geliefert, aus denen ich einige Beispiele zur Vergleichung entnehme. Die Höhen der Kegel sind über der sichtbaren Basis der vulkanischen Gesteine angegeben.

Neuere Vulkane.

Monte nuovo	428′
Monti Rossi, über Nicolosi .	880
Aetnakegel	1213
Jorullo, über der früheren Ebene	1580 nach v. Humb.

Aeltere Vulkane.

Stromboli	2775′
Vesuv	3640
Tunguragua . . .	6471
Cotopaxi	8662
Pic von Teneriffa . .	11424.

Die Durchmesser der Krater wachsen in folgenden Größen an:

Krater der Insel Ferdinandea . . .	180′
Krater des Aetna	1080
Krater des Vesuv	2150
Krater des Pichincha	4600
Erhebungskrater *) der Somma am Vesuv	11100
Erhebungskrater der Insel Santorin .	22500
Erhebungskrater des Cantal, Auvergne	36800
Erhebungskrater auf Palma	34300.

*) Ich habe früher, beim Abschnitt über die Thalbildung, statt Erhebungskrater an mehreren Stellen Circus oder Circusthal gebraucht, weil dort mehr die äußere Form solcher Thalbildungen in's Auge gefaßt wurde und von der Kraft, welche sie gebildet, noch nicht die Rede sein konnte.

Unter die ausgezeichneten älteren vulkanischen Landstriche, mit vielen Basalten, Trachyten und anderen lavaartigen Gesteinen, gehört die Eifel am Niederrhein, und ganz besonders der Laachersee, der nach der Ansicht vieler Geognosten ein mit Wasser gefüllter alter Krater ist. Noch reicher an erloschenen Vulkanen sind die französischen Landschaften Vivarais und Velay, wo die Loire und der Allier entspringen, und die davon westlich gelegene Auvergne. Die erstere Gegend weis't noch deutlich erkennbare Krater und Schlackenkegel auf, die Laven, welche die meisten neueren an Mächtigkeit übertreffen und oft prismatisch zerspalten sind, zeigen bald die Form von Strömen, bald die von langen und breiten Plateaus. In der Auvergne zählt man an die 50 Schlackenkegel (Püy's), die einen gut erhalten, andere theilweise zerstört, mit einem oder mehreren Kratern. Die, namentlich in der Nähe von Clermont, noch rauh und frisch aussehenden basaltischen Laven, die Schlacken auf dem Püy's de la Vache, die so frisch aussehen, als wären sie erst ausgeworfen worden, scheinen nach Leonhard, anzudeuten, daß die dortigen vulkanischen Kegel, die gegenwärtig unbestritten zu den erloschenen gehören, noch in der geschichtlichen Zeit thätig gewesen sein müssen, und es hält schwer, sich zu überzeugen, daß sie seit beinahe 2000 Jahren geruht haben. Dennoch läßt uns die Geschichte ohne alle Nachricht über Ausbrüche in jener Gegend, und selbst Cäsar, der sich während des gallischen Krieges lange Zeit in jenen Gegenden aufhielt, sowie frühere und spätere römische Schriftsteller beobachten ein gänzliches Stillschweigen, so daß nicht zu bezweifeln ist, daß die vulkanischen Erzeugnisse jener Gegenden einer vorgeschichtlichen Zeit angehören. In Catalonien, bei Olot, findet sich ebenfalls ein 10 Quadratmeilen großer altvulkanischer Landstrich, bedeckt mit vulkanischen Bildungen und 14 Schlackenkegeln mit Kratern; die Lavaströme sind, wie neuere Laven des Aetna, wol erhalten, und vor etwa 400 Jahren wurden in jener Gegend noch Salsen beobachtet. Neben seinen vielen noch tobenden Vulkanen zeigt Island auch erloschene, und mehr südlich finden sich vulkanische Produkte auf den Faröer- und shetländischen Inseln, den Hebriden, an den Küsten von Großbritannien und Irland, und im mittelländischen Meere auf Elba, aber ohne eigentliche erloschene Krater. In Italien haben die phlegräischen Felder bei Neapel und die Insel Ischia alte Krater und theilweise vorzüglich erhaltene Lavaströme; die Solfatara, in welcher die Fumarolen des dortigen vulkanischen Heerdes fortwährend durch den alten Kraterboden dringen, und den See Averno rechnen Einige zu den halberloschenen Vulkanen, weil sie noch fortdauernd Lebenszeichen vulkanischer Thätigkeit von sich geben, ohne Eruptionsstoffe auszuwerfen. Doch ist die Unterscheidung zwischen halb- und ganzerloschenen Vulkanen dem üblichen Sprachgebrauch entgegen. Bedeutende Zerstörungen haben, nach Studer,

die alten Vulkane in der Umgebung von Rom erlitten, indem die Krater nicht mehr mit Bestimmtheit nachzuweisen sind; ein Zentralpunkt der dortigen alten vulkanischen Thätigkeit befand sich im Gebirg von Albano, ein anderer im M. Cimini bei Viterbo. Auch in Asien finden sich viele erloschene Vulkane, die aber nicht so genau untersucht sind, wie die europäischen. Die Zerstörung von Sodom und Gomorrha muß als die Wirkung vulkanischer Eruptionen angesehen werden, und die Erdbeben in Syrien und Mesopotamien bezeugen die noch jetzt fortdauernde Thätigkeit des vulkanischen Heerdes der dortigen Feuerberge, von denen jedoch viele zu den erloschenen gehören. Die Gegend von Saffa, unfern von Jerusalem, ist ganz vulkanisch, übersät mit Lavastücken und Basalten, auch findet man häufig Spalten und eigentliche kleine Krater; der Ararat selbst gleicht vollkommen einem erloschenen Vulkane. Eine Menge ausgebrannter Vulkane findet man in der Mongolei, in Tübet und auf den ostindischen Inseln, namentlich auf Java, Ternate und Banda. Amerika ist übersäet mit brennenden und erloschenen Vulkanen, und zu den letzteren rechnet man den Chimborasso, den Nevado de Toluca und einundzwanzig Vulkane in Guatemala (Muncke).

Die horizontale Ausbreitung der Eruptionsmassen erloschener Vulkane ist, in Vergleich mit derjenigen brennender Vulkane, in vielen Fällen noch größer als ihre Höhe. Alte Laven haben sich über ausgedehnte Landstriche ergossen, wobei es merkwürdig ist, daß sie, nach Studer, in ihrer Aufeinanderfolge nicht selten mit neptunischen Schichten wechsellagern. Die Mächtigkeit dieser Schichten, die regellos zerklüftet, oder in Prismen abgesondert, oder ungetheilt sind, steigt auf 60 bis mehrere 100 Fuß. Man nennt die Steinart dieser Massen im Harze Trapp (von Treppe), weil ihr Abfall stufenartig gestaltet ist. Man begreift leicht, daß auch diese alten Laven, wie überhaupt alles Eruptionsgestein, zu Gängen verästelt in Sedimentschichten oder in andere, ebenfalls endogene Massen eindringen; aus engen Oeffnungen emporgequollen, Figur 52, a, durchbrechen sie Kalk- und Sandsteinmassen, breiten sich nach oben zu wie der Hut eines Pilzes in Kuppen aus und dringen seitwärts, in schmale Zapfen endigend, b, b, b.., in die Spalten des Gesteins ein, über das sie sich ergossen haben. Anderemale breiten sich diese alten Laven auf der Oberfläche horizontal aus, oder bilden Anschwellungen von verschiedener Gestalt. „Es sind, sagt Studer, massige oder in Säulen abgesonderte Kuppen, von geringer bis zu mehreren hundert Fuß Höhe. Oder der Berg erscheint als ein regelmäßiger Dom, glockenähnlich, von parabelähnlichem, vertikalem, und kreisförmigem horizontalem Durchschnitt, mehrere hundert bis viele tausend Fuß hoch, im Inneren massig oder vielfach von Gängen durchzogen. Oder die Anschwellung ist ein flaches Kugelsegment von geringer Höhe, aber weit ausgedehnter Basis."

Die altvulkanischen Laven sind Dolerite, Basalte und Trachyte. Zwischen den beiden erstern und den Augitlaven hat man eine enge Verwandtschaft gefunden, und ebenso zwischen den Feldspathlaven und dem Trachytgestein. Die Dolerite haben eine dunkelgraue, bis schwarze Grundmasse, dicht, feinkörnig, oder erdig, welche ausgesonderte Krystalle von Labrador und Augit, zuweilen Hornblende, und in oft beträchtlicher Menge fein eingesprengtes Magneteisen, nicht selten auch Oliven enthält; die Grundmasse selbst ist ein inniges Gemenge der ausgedehnten Mineralien. Spezif. Gewicht 2,878; Gehalt an Kieselerde 51,01 p. c. Der Basalt ist dicht, graulich oder blaulich schwarz, schimmernd oder matt, von unebenem, unvollkommen muscheligem, oder fein splitterigem Bruch; seltener mit Anlage zum Körnigen, angedeutet durch hellere Flecken in der dunkeln Grundmasse, als gefleckter Basalt, oder mit Poren und Blasen, die oft mit anderen Mineralsubstanzen ausgekleidet oder ausgefüllt sind, als mandelsteinartiger Basalt, oder durch die Menge meist leerer Blasen, und etwas stärkeren Glanz, schlackenähnlich bis schaumig, als verschlackter Basalt. Die Grundmasse des Basalts besteht aus verschwindend kleinen krystallinischen Theilen von Augit, einer feldspathartigen Substanz und Magneteisen, dazu kommt noch ein Gehalt von chemisch gebundenem Wasser. Spezif. Gewicht zwischen 2,43 und 3,11; Gehalt an Kieselerde im Mittel 44 p. c. Der Trachyt ist eine feinkörnige, dichte oder erdige, meist poröse Grundmasse, matt oder schwach glänzend, von meist lichten Farben, mit feldspathartiger Zusammensetzung, worin, als fast nie fehlender Bestandtheil, Krystalle von glasigem Feldspath eingeschlossen sind; die Grundmasse mit krystallinischen Einmengungen von Kali-Albit verwachsen. Spezif. Gewicht 2,68; Kieselgehalt im Mittel 65,85 p. c. (Studer). Man hat zwar diese Steinarten nie als Laven fließen sehen, muß sie aber doch als analoge Produkte betrachten, „weil sie nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung mit jenen übereinstimmen und als Gänge, Ringwälle, Dome eine ähnliche Gestaltung, sowie in nicht seltener prismatischer, kugliger oder plattenförmiger Zerspaltung, eine analoge Struktur zeigen." — Eine unausbleibliche Folge des Emporquellens altvulkanischer Massen wird endlich die Methamorphose solcher Gesteine sein, mit denen jene entweder in direkte Berührung gekommen sind, oder denen sie sich genähert sind. Folgen davon waren die Aenderungen in der Farbe, Zunahme an Dichtigkeit, oder ein erlangtes krystallinisches Gefüge, Spuren von Frittungen, Schmelzungen und Verglasungen. Basaltgänge, welche Kreide durchsetzen, haben letztere theilweise in körnigen Marmor umgewandelt; ebenso ist durch Basalte kohlensaurer Kalk in körnigen oder salinischen Marmor umgeändert worden. Begleiteten schwefelhaltige Wasserdämpfe das Eruptionsgestein, so wurde in manchen Fällen der Kalk in Gyps umgewandelt. Unter die denkwürdigsten Metamorphosen gehört aber die Granatbildung

im Thonschiefer bei Berührung mit Basalt, und die Erzeugung einer großen Menge schöner und sehr verschiedenartiger Krystalle (Vesuvian, Augit und Ceylanit), welche an den Berührungsflächen von Eruptions- und Sedimentgestein sich entwickeln. Ausführlicher ist von Metamorphismus der Gesteine die Rede §. 129.

§. 122. Die gesammten vulkanischen Erscheinungen sind offenbar Folgen großer Kraftäußerungen im Inneren unsers Planeten, aber es wäre irrig, wenn man glaubte, daß dieselben, wie etwa die Erdbrände der Steinkohlenflötze, an lokale Ursachen und an das Dasein gewisser feuerernährenden Stoffe gebunden seien. Nach der Ansicht der namhaftesten Physiker und Geologen unserer Zeit müssen dieselben vielmehr von der Hitze im Inneren der Erde, dieser allverbreiteten, überall sich selbst verkündendeu Macht, abgeleitet werden. Ihre unentbehrlichen Diener und Werkzeuge sind die Wasserdämpfe, woraus hervorgeht, daß das Wasser bei diesen Erscheinungen eine wichtige Rolle spielt. Die Wasserdämpfe werden nämlich erzeugt aus dem atmosphärischen Wasser, das in die Spalten und Klüfte des Vulkans eindringt, wobei das in die Erde sinkende Meereswasser bei Vulkanen, die am Meere liegen, und zu deren Heerd es gelangen kann, natürlich nicht ausgeschlossen ist. Wenn nun auch die Elastizität der Wasserdämpfe bei einer Temperatur, die ihnen durch die Schmelzhitze der Laven mitgetheilt wird, nicht ausreichen dürfte, um eine Lavensäule, welche aus dem Krater bis zum Heerde des Vulkans hinabgeht, in die Höhe zu werfen, so ist dagegen schon oben gesagt worden, daß der Wasserdampf neben und durch die geschmolzene Lava aufsteigt und deren obere Lagen emporschleudert. Man bemerkt daher auch am Stromboli, daß derselbe abwechselnd Laven und Dampfwolken auswirft. Auch die Perioden der Ruhe nach beendigten Ausbrüchen lassen sich nach dieser Theorie leicht erklären. So lange nämlich das Wasser durch die Kanäle des Vulkans zu dem unterirdischen Hitzheerd gelangen kann, werden sich aus ihm Dämpfe entwickeln und den Vulkan in Thätigkeit erhalten, wenn aber bei einem Ausbruche diese Kanäle durch die Lava selbst verstopft werden, so ist der Zufluß des Wassers gehemmt, und es müssen alsdann Perioden der Ruhe eintreten. Auch die in den glühend heißen Dämpfen theils geschmolzenen, theils erweichten Massen können die Risse und Spalten im Berge verstopfen und dasselbe Resultat zur Folge haben. Durch die Wasserdämpfe werden aber nicht nur die Laven herausgeschleudert, sonderu auch die zahlreichen Hebungen und die Erdbeben bewirkt. Was die letzteren betrifft, so führt Muncke aus Bischof eine Erscheinung im Kleinen an, aus welcher mit Grund auf die Erdbeben im Großen geschlossen werden kann. Auf der Sainerhütte wurde nämlich ein 14 Fuß langer, 31395 Pfund schwerer, eiserner Cylinder gegossen. Nach Anfüllung der Form mit dem flüssigen Eisen brach dieses unten durch und sank bis 11 Fuß unter die Form, also

bis 25 Fuß tief in den sandigen Boden. Bald darauf erfolgte eine erdbebenartige Erschütterung von solcher Heftigkeit, daß die Arbeiter glaubten, das Haus werde einstürzen; ungefähr eine halbe Stunde nachher erfolgte eine zweite und nach 24 Stunden eine dritte. Da ungefähr in dieser Tiefe Kanäle liegen, die das Regenwasser sammeln, so ist sehr wahrscheinlich, daß durch diese Wasser herbeigeführt wurde, und wirklich fuhren auch unmittelbar nach dem Stoße Dampfwolken aus den Oeffnungen der Kanäle, und man kann sich leicht vorstellen, daß dieselben durch Sand und Schlamm in Folge der Explosionen für eine Zeitlang verstopft wurden, bis das Wasser allmälig wieder zu dem heißen Eisen gelangte. Wasserdämpfe sind es indeß nicht allein, wodurch Erdbeben bewirkt werden, sondern auch Gase, welche im Erdinnern entwickelt werden, und die so oft bei Erdbeben aufsteigen, vermögen Erschütterungen zu erzeugen. Bedenkt man nun den innigen Zusammenhang der vulkanischen Thätigkeiten und der Erdbeben, so kann nicht bezweifelt werden, daß die Ursachen der erstern zugleich auch die letzteren hervorzubringen vermögen. Daß dann übrigens für die Erklärung des unterirdischen Getöses bei Erdbeben, der mehrmals wiederholten plötzlichen Stöße und der drehenden Bewegungen auch noch chemische Operationen anzunehmen seien, hält Muncke für sehr wahrscheinlich. Der Heerd des Uebels, der Sitz der bewegenden Kraft liegt unstreitig tief unter der Erdrinde, in unermeßlichen Höhlen; Parrot berechnete die Ausdehnung der Höhlung unter dem Pichincha aus den gemessenen Pendelschwingungen der französischen Akademiker zu 1,357 Kubikmeilen. Diese Höhlen liegen aber nicht nur unter der Esse des Vulkans, sie sind, wie die Erschütterungskreise der Erdbeben uns lehren, weithin unter der Erdrinde ausgebreitet und verzweigt, und hängen vielleicht mit noch größeren in bedeutenderer Tiefe zusammen. Vielleicht, daß es einst gelingt, durch fortgesetzte genaue Beobachtungen über Richtung, Verbreitung und Stärke der Erdbeben die Gestalt, Größe und Lage dieser hohlen Räume annähernd zu bestimmen. Aus dieser Ansicht erklärt es sich von selbst, warum Gegenden, die keine offenen Vulkane besitzen, vielmehr von Erdbeben heimgesucht werden müssen, als andere, die einen Vulkan in ihrer Nähe haben. „Die thätigen Vulkane, bemerkt Humboldt, sind als Schutz- und Sicherheitsventile für die nächste Umgegend zu betrachten. Die Gefahr des Erdbebens wächst, wenn die Oeffnungen der Vulkane verstopft, ohne freien Verkehr mit der Atmosphäre sind; doch lehrt der Umsturz von Lissabon, Caracas, Lima, Caschmir (1554), und so vieler Städte von Calabrien, Syrien und Kleinasien, daß im Ganzen doch nicht in der Nähe noch brennender Vulkane die Kraft der Erdstöße am größten ist.“ Ueber diesen Zusammenhang zwischen den Vulkanen und den Erdbeben belehrt uns auch die Beobachtung, daß Erderschütterungen aufhören, sowie die eingepreßten Dämpfe sich irgendwo einen Ausweg verschafft haben, daß aber

Gegenden, die häufig von Erdbeben heimgesucht sind, große Verheerungen erleiden, wenn die Dämpfe zu schwach sind, sich einen Ausgang zu schaffen. Ebenso hat man beobachtet, daß thätige Vulkane oft plötzlich inne halten, wenn Erdbeben an entfernten Orten Statt finden, als ob die dort vor sich gehenden Aenderungen im vulkanischen Heerde auch im Vulkan die gewohnte Thätigkeit störten, dem offenen Schlunde auf gewisse Zeiten seine Dampfmassen entzögen und sie in der Tiefe zurückhielten. Es ist daher nicht zu bezweifeln, daß selbst zwischen sehr entfernten Punkten irgend eine Beziehung, ein Zusammenhang ihrer vulkanischen Heerde angenommen werden dürfe, und daß die Ursachen der Eruptionen auch diejenigen der Erdbeben seien.

III.

Aelteste Veränderungen an der Erdoberfläche, oder Umrisse der Geognosie.

§. 123. Alle bisher betrachteten Schöpfungen der heutigen Natur sind die Fortsetzung derjenigen, die in eine unendliche Vergangenheit hinaufreichen. Auch über diese ältesten Bildungen hat die physikalische Geographie, wenigstens in allgemeinen Umrissen, Rechenschaft zu geben, und dabei gleich von vornherein irrigen Vorstellungen über die Zeit, welche die Natur zu ihrer Hervorbringung gebrauchte, zu begegnen. Wenn man früher annahm, daß bei der Ausbildung der Erdrinde der Kampf der Naturkräfte allgemein und ungeheuer, alle Schöpfungen massenhaft, daß die ganze Bildungsgeschichte der Erde ein wildes, ungestümes Drängen gewesen sei, um eilends den Erdboden zum Garten, zum Schauplatz menschlichen Wirkens zu ordnen; so muß diese Vorstellung nach dem jetzigen Begriff, den die Geologie gewonnen hat, als irrig bezeichnet werden. Von Anfang ist Alles auf Erden meist allmälig anders geworden und im Wesen und in der Gesetzlichkeit sich gleich geblieben. Der stetige Fortgang der Ursachen hat fortdauernd ähnliche Wirkungen hervorgebracht, daher weitaus der größte Theil der Erdrinde das Produkt ruhiger, langsamer Bildungen des Wassers ist, wie wir solche heute noch aus Meeren, Seen, warmen und kalten Quell- und Flußwassern entstehen sehen; mit diesen Bildungen wurde zugleich auch organisches Leben in's Dasein gerufen. Die uns schon bekannten Gewalten der Tiefe zersprengten an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten die so entstandenen horizontalen Schichten, hoben in der vormals viel gespaltenen, dünneren Erdrinde feurig-flüssige Massen zu Bergen empor, richteten die zerrissenen Schichten an denselben auf, oder rückten, wo sie zu solchen Kraftäußerungen zu schwach

waren, ganze Landstriche zu Plateaus empor. Solche Eruptionen zerstörten das Leben der Organismen, die durch Hitze, oder durch ausgehauchte schädliche Stoffe, oder durch andere Ursachen umkamen und dann mit ihren Leichen die Schichten erfüllen, die sich nach der Ruhe neu bildeten. Indem nun in Folge solcher Emporhebungen der auflösenden und nagenden Kraft des Wassers immer neue Flächen zu immer neuen Mineralbildungen dargeboten wurden, erhielten zugleich diejenigen Pflanzen und Thiere, deren Dasein an die Bedingungen der Luft und des süßen Wassers gebunden ist, einen immer größeren Spielraum. Man sieht zwar leicht ein, daß jedesmal beim Emporsteigen eines Gebirges das Werk der Bildung durch Zerstörung früherer Gebilde ungleich rascher vor sich gegangen ist, als jetzt, und daß die fortschaffende Kraft des Wassers ungeheuer gesteigert worden sein mußte, wenn dabei das Niveau plötzlich verändert wurde; dennoch liegen der Beweise genug vor, daß die meisten Glieder aller Formationen *), von den ältesten bis zu den jüngsten, sich nur unter ähnlichen Zeitverhältnissen gebildet haben können, wie die Absätze auf dem Boden der heutigen Meere und Seen, deren Zunahme unter den Tropen allerdings rascher vor sich geht, als unter höheren Breiten. Von der Größe des Zeitraums, während welchem sich die Niederschlagsformationen gebildet haben, kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß, nach geologischer Schätzung, die Gesammtmächtigkeit aller jener Formationen etwa zwei deutsche Meilen beträgt; ihre Bildung erforderte gewiß eine unendliche Zeit, gegen welche die Erinnerung des Menschengeschlechts verschwindet, wie eine Stunde im Jahrtausend. Bischof hat durch Rechnung gefunden, daß von dem Zeitpunkt an, wo in unseren Gegenden ein Tropenklima herrschte, also seit der Bildung der Steinkohlenflötze, bis jetzt 1.300000 Jahre verflossen sein müssen, und doch sind diese Flötze nicht die älteste Sedimentformation.

Der Geognost erforscht die Beschaffenheit der Schichten, welche der Oberfläche der Erde am nächsten sind, überall, wo dieselben aufgeschlossen sind durch tiefe, spaltenartige Thaleinschnitte, Hinwegführungen von Felsmassen, durch Erdbeben, Bergstürze, Fluthen, oder durch die Arbeit des Menschen, namentlich durch Bohrarbeiten und den bergmännischen Grubenbau. Sehr werthvolle Stützpunkte solcher Forschungen über das Innere der Erdrinde liefert unstreitig der Bergbau, obwol diese Arbeiten doch nur eine relative Tiefe (unter dem Spiegel des Meeres) von nicht viel mehr als 2000 Fuß erreichen. Aus viel größeren Tiefen stammen die krystallinischen,

*) Unter Formation versteht man eine Reihe von unmittelbar auf einander folgenden Schichten, die unter gleichen Verhältnissen gebildet wurden und gleichartige Versteinerungen enthalten.

durch noch thätige Vulkane ausgeworfenen Massen, welche meist den Gebirgsarten der Erdoberfläche ähnlich sind und uns Aufschlüsse über die Substanzen gewähren, welche die Erdrinde bilden bis zu 60 Mal größeren Tiefen, als diejenigen sind, welche die Bergmannsarbeiten erschlossen haben. Ein anderes Mittel endlich zur sinnlichen Kenntniß der Beschaffenheit der Erdrinde in großer Entfernung von der Oberfläche unsers Planeten bieten dem Geognosten die muldenförmig gekrümmten Steinkohlenschichten dar, welche sich einsenken und in einer durch genaue Messung bestimmten Entfernung wieder aufsteigen. Das Kohlenflötz bei Duttweiler, nordöstlich von Saarlouis, soll bis 19406 und 20656 Fuß unter den Meeresspiegel herabgehen. Humboldt nimmt im Allgemeinen an, daß diese Einsenkungen der Steinkohlenflötze fünf- bis sechstausend Fuß unter dem Meeresniveau liegen, und daß der Bergkalk, der stets unter den Steinkohlen liegt, wol die doppelte Tiefe erreiche. „Vergleicht man, sagt er, diese unterirdischen Mulden mit den Berggipfeln, welche bisher für die höchsten Theile der gehobenen Erdrinde gehalten werden, so erhält man einen Abstand von 37000 Fuß ($1\,{}^3/_{10}$ Meile), d. i. ungefähr $^1/_{524}$ des Erdhalbmessers." Nimmt man aber die Tiefe des Steinkohlenflötzes bei Duttweiler als Basis an, so erhält man 45000 Fuß, eine unmerkliche Größe, wenn wir den Erddurchmesser, eine sehr bedeutende, wenn wir unsere eigene Leiblichkeit zum Maßstab nehmen. In dieser Ausdehnung von der Tiefe nach der Höhe zu wäre demnach dem Geognosten Gelegenheit geboten, die Aufeinanderlagerung und Natur der verschiedenen Gebirgsschichten zu erforschen. Allein nur sehr wenige Berge der Erde erreichen annähernd die Kulminationen des Dhawalagiri und Tschamalari im Himalaya, des Nevado de Sorata in den Amden von Südamerika, weitaus die meisten betragen kaum etwas mehr als $^1/_5$ von der Höhe jener Kolosse, und wir werden daher jene senkrechte Dimension von 45000 und 37000 Fuß auf etwa 26000 und 18000 Fuß herabsetzen müssen. Aber auch so ist der Schauplatz geognostischer Forschung immer noch groß genug und gestattet uns an verschiedenen Orten, die über einander gelagerten, an Mächtigkeit verschiedenen Sedimente in ihrer Reihenfolge kennen zu lernen, von den obersten, dem lockeren Sande, der Dammerde und überhaupt den leichtern bis zu den schwerern, dichteren, vollkommener krystallinischen nach der Tiefe zu, wo sie mit Granit oder einer verwandten Gebirgsart endigen. Dabei hat man sich aber nicht vorzustellen, daß man irgendwo die ganze Reihenfolge der Formationen antreffen werde, wir kennen dieselbe vielmehr nur durch Vergleichung und Kombination der an verschiedenen Orten gesammelten Beobachtungen über Formationsverhältnisse; geognostische Durchschnitte, die alle Formationen in ihrer Reihenfolge enthalten, sind allemal bloß ideell.

§. 124. Die Geognosie nennt die ganze feste Rinde der Erde, von der Oberfläche bis zu den größten, durch natürliche oder künstliche Entblößungen aufgedeckten Tiefen, Gebirge, und sämmtliche, diese Rinde bildenden Massen, welche mit konstanteren Beschaffenheiten auftreten und bei denen sich allgemeine Gesetze der Verbreitung nachweisen lassen, Gesteine, Fels- oder Gebirgsarten. Alle Gesteine sind Mineralien, aber nicht alle Mineralien sind Gesteine, weil die wenigsten Mineralien eine bedeutende räumliche Ausdehnung haben; auch gehören Sand, Thon, Steinkohle eben so gut unter den Begriff von Fels- oder Gebirgsart, wie Granit, Basalt, Kalkstein u. s. w. Die vorherrschenden Gebirgsarten zeigen unter allen Zonen und Breiten, in den entlegensten Erdgegenden oft eine gewisse Aehnlichkeit, selbst Gleichheit mit einander, welche auf Uebereinstimmung im Material und in der Entstehungsweise hindeutet. Die Gesteinsarten sind zwar mannigfaltig, und doch hat die Natur bei der Bildung derselben verhältnißmäßig nur wenige Materialien angewendet und sich im Allgemeinen oft derselben Substanzen bedient. Wenn dessen ungeachtet Gesteinarten desselben Materials häufig auf ausgezeichnete Weise von einander abweichen, so können diese Unterschiede nur daher kommen, daß entweder Bedingungen eintraten, welche mit ihrer intensiven, ungemessenen Kraft in der Urwelt die gegenseitige Wirkung einzelner uns bekannter Stoffe modifizirten, oder daß die Natur jene Stoffe in den verschiedenen Perioden ihres Schaffens immer anders ordnete und vertheilte. Solche konstituirende Bestandtheile der Gesteinarten, in mehr oder minder reinem Zustande, chemisch verbunden oder gemengt, sind die Kieselerde, Thonerde, Talk- und Kalkerde, Natron, Kali und einige andere, in geringerer Menge vorkommende erdige Materien; unter den Metallen nimmt das Eisen (Magneteisen, Eisenglanz, Schwefelkies) einen wesentlichen Antheil. Aus §. 2 der Vorbegriffe ist uns bekannt, daß der Sauerstoff mit den leichten, oder sogenannten Halbmetallen Verbindungen eingeht, die man Erden oder Alkalien nennt, und zu denen obige Bestandtheile gehören. Sie sind so entschieden innige Sauerstoffverbindungen mit Halbmetallen, daß beide Elemente nirgends unverbunden vorkommen, und daß sie, wenn sie künstlich geschieden werden, ihre Verbindung schnell wieder herstellen, sowie sie mit einander in Berührung kommen. Unter ihnen enthält Kieselerde 52, Thonerde 46, Talkerde 38, Kalkerde 28, Natron 25 und Kali 16 Prozent Sauerstoff. Da nun alle Verbindungsprozesse mit Sauerstoff Verbrennungsprozesse sind, wobei allemal eine große Menge von Wärme entbunden wird, so folgt daraus, daß sich diese Erden, trotz ihrer Strengflüssigkeit, bei ihrer anfänglichen Bildung im tropfbarflüssigen Zustande, erzeugt durch große Wärmegrade, befunden haben müssen. Von allen diesen Erden findet sich keine in solcher Menge vor, als die Kieselerde. Ausgezeichnet durch ihre äußerst schwere Schmelzbarkeit, ist

sie, zu einer festen Masse verbunden, zugleich unlösbar im Wasser und in fast allen Säuren, verbindet sich dagegen durch Schmelzung leicht mit Kali und Natron, und bildet alsdann Verbindungen, welche beim Vorherrschen des Alkalis im Wasser zerfließen. Durch Schmelzung verbindet sie sich aber auch mit den übrigen Erden und bildet alsdann kieselsaure Salze oder Silikate. Die Chemie nennt nämlich alle Verbindungen zweier bereits mit Sauerstoff vereinigter Stoffe Salze, und den einen derselben, in dem gewöhnlich mehr Sauerstoff ist, Säure, den anderen, sauerstoffärmeren, die Base. In der Verbindung der Kieselerde mit anderen Erden spielt jene die Säure, diese die Basen; daher der Name Silikate. In denselben findet sich als Base gewöhnlich die Thonerde, neben ihr aber wol auch noch eine zweite, oder ein Alkali. Solche Silikate sind: der Feldspath, bestehend aus Kieselerde mit Thonerde und Kali (ist das Alkali Natron, so heißt das Silikat Albit, oder Labrador, welcher außerdem noch Kalkerde enthält); der Glimmer, Kieselerde mit Kali, Talk- und Thonerde; die Hornblende, Kieselerde mit Kalk- und Talkerde; der Augit, der dieselben Bestandtheile wie die Hornblende enthält, sich von derselben aber durch doppelt kieselsaure Kalkerde unterscheidet; Olivin, Kieselerde mit Talkerde und kieselsaurem Eisenoxydul. Enthält die Kieselerde keine, oder nur wenige fremde Bestandtheile, so erscheint sie als Bergkrystall und Quarz, und bildet dann, selbstständig für sich, wie die Hornblende, Gebirgsmassen von nicht unbeträchtlicher Ausdehnung. Die Thonerde ist sehr strengflüssig, bildet aber, wie so eben erwähnt, mit anderen Erden schmelzbare Zusammensetzungen. Während sie in allen Thonen als Gemengtheil gegenwärtig ist, findet man sie rein nur sehr sparsam in der Natur (Saphir, Korund). Die Talkerde, deren Verbindungen mit anderen Erden angegeben sind, bildet grünlich gefärbte, weiche, seifenartig anzufühlende Felsarten, in denen man stets einen nicht unbeträchtlichen Antheil von Kieselerde beigemengt antrifft (Talkschiefer); in kohlensaurem Zustande mit kohlensaurem Kalke verbunden, bildet sie ein besonders merkwürdiges Gestein, den Dolomit, von dem später die Rede sein wird; in kieselsaurem Zustande mit kieselsaurer Thonerde zusammengesetzt, den Chloritschiefer. Die Kalterde endlich, deren Verbindung zu Silikaten ebenfalls erwähnt ist, gibt in Verbindnng mit Kohlensäure den überwiegenden Bestandtheil zu Felsmassen, welche oft eine ungeheure Erstreckung haben. Rein erscheint sie als Kalkspath und in gewissen körnigen Kalken; mit Kieselerde, Thonerde gemengt in Mergeln. Mit Schwefelsäure und Wasser setzt sie den Gyps zusammen, der oft ganze Berge ausmacht; ist der Gyps wasserfrei, so heißt er Anhydrit. Mit Phosphorsäure bildet die Kalkerde den Apatit, mit Flußsäure den Flußspath. Die aus kohlensaurer Kalkerde gebildeten Mineralien sind an ihrer Weichheit und ihrem Aufbrausen mit Säuren leicht

kenntlich, und aus dem Früheren wissen wir, daß dem atmosphärischen Wasser, und in noch höherem Grade, den an Kohlensäure reichen Quellen die Kraft zusteht, kalkige Felsen aufzulösen und zuweilen bedeutende Absätze von Kalktuff zu bilden.

§. 125. Die Gesteinarten sind entweder einfache, gleichartige, oder zusammengesetzte, gemengte, ungleichartige. Bei jenen lassen sich weder mit bewaffnetem Auge, noch durch mechanische oder chemische Trennungsmittel verschiedenartige Mineralien unterscheiden, indem sie mittelbar oder unmittelbar einer der einfachen Mineralgattungen angehören. So hangen z. B. das Hornblendegestein und der Hornblendeschiefer, beide frei von wesentlichen Beimengungen, mit der Hornblende, dichte Kalksteine durch Annahme eines körnigen Gefüges mit dem Kalkspath nnd der Quarzfels mit dem Quarze zusammen. So rein, wie das einfache Mineral, erscheinen die einfachen Gesteinarten indeß niemals, und ihre Arten sind überdieß nicht zahlreich, da nur wenige der einfacheu Mineralgattungen gleichartige Gesteine bilden. Bei gemengten Gesteinen lassen sich die verschiedenartigen Mineralien, aus denen sie bestehen, schon mit unbewaffnetem Auge nach ihren besonderen Eigenschaften leicht erkennen und können durch mechanische und chemische Mittel abgeschieden werden, ihre einzelnen Bestandtheile, Krystalle, scharfeckige, frischkantige Körner nnd Blättchen, stumpfkantige, abgerundete Bruchstücke lassen sich sogar nach ihren Eigenthümlichkeiten unterscheiden. Der Granit z. B. besteht aus Mineraltheilen, deren jeder Eigenschaften hat, die nur ihm zustehen, und wodurch scharfe Unterscheidung möglich wird. Indem wir aber einen Granit zertrümmern, indem wir ihn in seine Quarz-, Feldspath- und Glimmertheile zerlegen, hört er auf Granit zu sein; denn im Gemenge des Verschiedenartigen lag das Charakteristische. Die meisten Felsarten sind aus zwei oder mehreren einfachen Mineralien zusammengesetzt, deren Quantität aber sehr verschieden und selten gleich ist; gewöhnlich ist ein Gemengtheil der vorwaltende und bestimmt alsdann oft den Charakter des Gesteins. Doch kann eine Felsart ihre Eigenschaften auch einem Gemengtheile verdanken, der in geringerer Menge vorhanden ist. In beiden Fällen ist ein solcher Gemengtheil der das Gestein charakterisirende. Das Verhältniß zwischen den Gemengtheiten einer zusammengesetzten Gebirgsart ist ferner veränderlich, und zuweilen vermehrt sich der eine oder der andere derselben auf Kosten eines dritten. Innig gemengte Gesteine endlich haben oft das Ansehen einfacher und heißen dann scheinbar gleichartige.

Hinsichtlich des Gefüges (Struktur), des inneren Gewebes der Mineralsubstanz, theilt man die Felsarten ein in dichte, körnige, porphyrartige, schiefrige und mandelsteinförmige Gesteine. Felsarten, welche feurig-flüssig waren, bilden, wenn sie erstarren, in der Regel durch die Kohäsion ihrer kleinsten Theilchen fest verbundene Massen. Be-

sitzen diese Theilchen keine besondere Gestalt, und sieht das Ganze aus wie Glas oder Porzellan, so heißt das Gestein dicht oder homogen. Bestehen dagegen die einzelnen Theilchen aus kleineren oder größeren Krystallen, frischeckigen und scharfkantigen Körnern, die mit einander so gleichförmig verwachsen sind, daß kein Theil als den anderen umschließend betrachtet werden kann, so ist die erstarrte Masse körnig, und zwar entweder gleichartig, wie im Quarz- oder Hornblendfels, oder ungleichartig, wie im Granit, Syenit und Gneis. Je nach der Größe des Korns unterscheidet man groß-, grob-, klein- und feinkörnige Gesteine, von denen die letzten oft das Ansehen von dichten und homogenen Gebirgsarten haben. Wenn sich in einer einfachen oder gemengten, dichten oder feinkörnigen, glasigen oder steinigen Grundmasse krystallinische Theilchen, oder Krystalle von Mineralien, die gewöhnlich von der Grundmasse verschieden sind, gleichzeitig ausgesondert haben, so ist das Gestein porphyrartig. Diese Struktur erscheint am vollkommensten bei solchen Gesteinen, die eine einfache oder innig gemengte dichte Grundmasse besitzen, zeigt sich aber auch nicht selten bei körnigen Gesteinen, wenn z. B. der Feldspath in einzelnen großen Krystallen auftritt. — Haben sich Gesteine aus wässerigen Auflösungen gebildet, so können auch in diesem Falle die drei so eben genannten Strukturverhältnisse erscheinen. Die Kohäsion der kleinsten Theilchen erzeugt eine innig verbundene Masse, die entweder dicht und homogen wird, wie dichter Kalkstein, oder körnig, wie Marmor, oder in welcher ungleichartige Theile eingewachsen sind, wie Schwefelkieswürfel und Kieselnieren im dichten Kalkstein. Die Austrocknung des wässerigen Niederschlags ist die Bedingung seiner Erhärtung, die immer nur allmälig erfolgt, und wenn dann in der Zwischenzeit chemisch-elektrische Kräfte wirksam werden, so können sie die Ursache neuer Verbindungen zwischen den Stoffen, der Vereinigung zerstreuter Theile zu größeren Massen, oder zu Nestern, innerer Krystallbildungen und eigenthümlicher Strukturverhältnisse werden. Befinden sich aber mineralische Stoffe nicht aufgelöst, sondern nur mechanisch beigemengt im Wasser, so ist, wenn kein starker Druck die Theilchen einander sehr nahe bringt, die Kraft der Kohäsion nicht vermögend, unmittelbar aus ihnen ein festes Gestein zu bilden. Gewöhnlich geschieht alsdann die Gesteinbildung durch ein Bindemittel (Cement), das als flüssiger Teig zwischen die Theile eindringt, und dieselben, wenn die Masse allmälig vertrocknet ist, zu einem fest verbundenen Gestein zusammenkittet. Dieses Bindemittel besteht entweder aus kohlensaurem Kalk, oder aus Kieselerde, oder aus Eisenoxydhydrat. Derselbe Fall kann eintreten, wenn Kies, Sand, vulkanische Asche trocken niederfallen und alsdann durch ein Cement mit einander verbunden werden. Auf solche Weise entstehen Konglomerate und Breccien aus gröberen Kiesmassen, Sandsteine aus Sand, Thone und

Mergel aus staubartigen Stoffen. — Wenn die mineralischen Theilchen nicht nach allen Seiten in gleicher Berührung stehen und bei ihnen die Dimensionen der Länge und Breite vorherrschen (Blättchen), so werden sie nur nach derjenigen Richtung fest zusammenhangen, nach welcher die Verbindung Statt findet, nach den anderen Richtungen aber wird der Zusammenhalt schwächer sein. Dieß gibt die schiefrige Struktur, und Gesteine dieser Art sind allemal nach der Richtung des schwächeren Zusammenhalts spaltbar. Sie erhalten ihr schiefriges Gefüge entweder schon ursprünglich, wenn sich die Blättchen stets mit der flachen Seite an den Grund anlegten, oder während dem Erkalten und Vertrocknen durch Einwirkung von Krystallisationskräften. Schiefrige Gesteine, wie z. B. Talkschiefer, sind gleichartig, wenn alle Lagen aus derselben Mineralsubstanz bestehen, sie sind ungleichartig, wenn Lagen von verschiedener Natur mit einander abwechseln, wie z. B. Quarz und Glimmer im Glimmerschiefer, oder gewisse Lagen sind körnige Gemenge mehrerer Mineralien und zwischen ihnen treten andere Lagen auf, die nur aus einem Mineral bestehen, wie z. B. im Gneis, in welchem Lagen von Feldspath und Glimmer gemengt mit Lagen von Glimmer wechseln. Gewöhnlich sind die Schieferungsflächen, die meist eben sind, der Stratifikation parallel, und dann ist das Gestein geradschiefrig; aber es gibt auch krummschiefrige Gesteine, und diese zeigen dann wieder mehrere Verschiedenheiten, indem sie entweder gebogen-schiefrig, oder schalig, oder wellenförmig-, oder kuglicht-, oder endlich geknickt-schiefrig sind. Die letzte Form zeigen, nach Studer, Schichten von Glimmer- und Thonschiefer im Prättigäu (Fig. 53), deren zickzackförmige Knickung durch die Einwirkung eines Seitendrucks erklärt wird. — Enthält die Grundmasse eines Gesteins Blasenräume, welche theilweise oder ganz mit Mineralien ausgefüllt sind, die von der Natur der Grundmasse abweichen, so heißt die Struktur mandelsteinförmig, eine Benennung, die von der meist mandelförmigen Gestalt der eingeschlossenen Mineralien entlehnt ist. Oft sind diese aber auch sphäroidisch, oder in die Länge gezogen, oder eckig, und dabei von sehr verschiedener Größe. — Ein Gefüge von ganz eigenthümlicher Art bietet der Oolith oder Rogenstein dar. „Entstehen, sagt Studer, Niederschläge von kohlensaurem Kalk in stark bewegten Gewässern, so werden die Theile, bevor sie niederfallen, eine längere Rotation erleiden, während welcher sich kugelförmige Schalen um dieselben ansetzen, bis das größere Gewicht kein längeres Schweben gestattet. Die Sedimentmasse wird dann aus kleinen Kugeln bestehen, deren Größe von der Bewegung des Wassers abhangen muß, d. i. sie wird oolithische oder rogensteinförmige Struktur besitzen, oder, bei größeren Kügelchen, als Erbsenstein, Pisolith, sich ausbilden."

Wenn, wofür zahlreiche Beispiele vorhanden sind, der eine oder der andere Gemengtheil eines Gesteins überhand nimmt, oder sich vermindert,

oder wenn ein neuer hinzutritt, so verändern sich die Eigenschaften eines Gesteins, nähern sich bald mehr, bald weniger den Eigenschaften eines anderen, und dann heißt es, das Gestein gehe in ein anderes über, verlaufe in dasselbe. Auch nach Veränderung der Struktur der Gesteine entstehen Uebergänge; so geht z. B. der körnige Granit in den schiefrigen Gneis über.

§. 126. Die unsere Erdrinde im Großen zusammensetzenden Felsarten zerfallen, was ihre Bildungsweise betrifft, in vier Klassen (Phasen der Bildungszustände, nach Humboldt), welche den oben §. 119 bezeichneten entsprechen, nämlich 1) in Eruptionsgesteine; 2) in Sedimentgesteine; 3) in metamorphisirte Gesteine, und 4) in Konglomerate. Die Gesteine der ersten Klasse, ohne Ausnahme unmittelbare Produkte unterirdischer Thätigkeit, unterscheidet man wieder näher in plutonische und vulkanische. Beide sind hypogene oder endogene Felsarten, aber sie sind durch Eigenthümlichkeiten charakterisirt, die eine bestimmte Unterscheidung gestatten. Die vulkanischen Felsarten erscheinen nämlich in schmalen, bandartigen Strömen, die ausgebreitete Lager nur da bilden, wo sich mehrere derselben in einem gemeinschaftlichen Becken vereinigt haben, und wo dieß der Fall ist, findet man diese Lager nicht selten nach unten, wie Figur 52 zeigt, in schmale Zapfen ausgekeilt. Wenn ferner bei vulkanischen Felsarten Wasserdämpfe die Ursachen der Hebungen waren und noch sind, so war dagegen bei den plutonischen Felsarten theils die fortschreitende Kontraktion der ganzen Erdrinde, theils der Druck, den die oberen Schichten auf die noch weichen unteren ausübten, die Ursache des Ausbruchs derselben. Daher ist zu vermuthen, daß dieselben nicht immer geschmolzen, sondern sehr oft nur zäh und erweicht hervorgetreten, und nicht aus engen Klüften, sondern aus weiten thalartigen Spalten und langgedehnten Schlünden theils entflossen, theils hervorgeschoben worden sind. Sie zeigen sich deßhalb nicht, wie die Laven, in Strömen, sondern als mächtige Massen, und heißen aus diesem Grunde auch massige Gesteine. — Die plutonischen Massen treten aber nicht nur als mächtige Massen, sondern, wie die vulkanischen, auch als Gesteingänge auf, indem sie oft auf die sonderbarste Art in die Spalten und Klüfte der Sedimentablagerungen ausfüllend eindringen, sich darin verästeln und durchkreuzen, oder sich zwischen sie hineinlagern, und, wo die Gangmasse zu Tage ausbricht, jene Sedimente überlagern. Sie sind nicht auf einzelne Punkte beschränkt, sondern sie werden in allen Erdtheilen angetroffen, eingedrungen in die verschiedenartigsten, jüngeren und älteren Formationen, in schiefrige Gebirgsarten, in Steinkohlen-, in Kalk- und Sandsteinablagerungen. Die Art und Weise, wie plutonische Bildungen gewisse Sedimentablagerungen eingeschlossen, oder, sie durchdringend, sich über sie ausgebreitet haben, das senkrechte Stellungs-

verhältniß der Gänge derselben, welche entweder das Gestein ganz durchschneiden, oder sich darin wie Diorite und Basalte auskeilen (Fig. 54); alles dieß liefert den augenscheinlichen Beweis, daß die Masse von unten heraufgekommen, endogenen Ursprungs ist, zugleich aber auch, daß sie sich im Zustande einer zäh-flüssigen Schmelzung befunden haben mußte. An vielen Orten, namentlich in den Alpen, findet man z. B. den Granit von den untersten und ältesten Formationen bis zu verhältnißmäßig jüngeren (der Juraformation) über allen Ablagernngen liegend, so daß man den übergelagerten Granit und das Sedimentgestein zugleich sehen kann. In manchen Fällen haben diese Gangmassen Bruchstücke der Schichten, in die sie eingedrungen, abgelös't, fortgerissen, oder umhüllt und zu Konglomeraten zusammengebacken. Aber nicht nur Sedimentgesteine sind von plutonischen Gangmassen durchsetzt, sondern endogene Gesteine selbst. So hat man Beispiele, daß Porphyre in Graniten, oder jüngere Granite sich in älteren verästeln. Wenn man daher früher Granite, Porphyre und die übrigen zur Klasse der plutonischen Felsarten gezählten Gesteine als primitive, als Urgesteine, entstanden vor Erscheinung aller organisirten Wesen, deren Grabstätte die Sedimentformationen sind, betrachtete; so zeigen uns die endogenen Gangmassen in ebenfalls endogenem Gestein und in Niederschlagsformationen älteren und jüngeren Ursprungs, daß obiger Ausdruck in einem beschränkten Sinne zu verstehen sei, in einem Sinne, der wenigstens diejenigen plutonischen Felsarten ausschließt, welche lange nach dem Auftreten der organischen Schöpfung zum Vorschein gekommen sind. Den Begriff des primitiven Gesteins in dem angedeuteten Sinne wird man auch dann noch festhalten können, wenn angenommen wird, daß die in Granit gangartig eingedrungenen Granitmassen bloß später erstarrt seien, als diejenigen, in welchen sie als Gang auftreten, und vollends gegenüber dem Sedimentgestein, das so vielfach von plutonischen Gangmassen durchdrungen ist, weil die Bildung der Sedimente schon vollendet sein mußte, als die Katastrophe eintrat, welche die plutonischen Massen in die bereits festen Gesteine hineintrieb. Primitive Gebirge im strengen Sinne des Wortes können nur diejenigen sein, auf welchen das organische Leben im Schooße der Meere begonnen hat; auf andere Gebilde ausgedehnt, ist die Benennung unrichtig, weil sie ein relatives Alter anzeigt. Mag man aber auch den Begriff weiter, als in dem angegebenen Sinne ausdehnen, so ergeben die Beobachtungen immerhin Altersverschiedenheiten unter den plutonischen Felsarten, und wir werden Syenite, Porphyre, Diorite, Serpentine in der Regel für jünger ansehen müssen, als Granite. Es sind zwar Fälle bekannt, die zeigen, daß z. B. der Granit den Syenit gangartig durchsetzt, somit die treibende, hebende Kraft war; dennoch dürfte im Allgemeinen der Granit älter sein als die zuerst genannten Felsarten, weil deren späteres Hervor-

brechen mit der relativen Lagerung derselben zum Granit in Einklang zu stehen scheint. Aber nicht nur unter den plutonischen, unter allen endogenen Felsarten finden solche Altersbeziehungen Statt, da alle thätigen Vulkane entschieden jünger sind, als die Hebungen der Gebirgszüge, welche allein oder vorzugsweise von plutonischen, seltener und nur bei kleineren Gebirgen von vulkanischem Massengestein ausgeführt worden sind. Was speziell die vulkanischen Gebilde betrifft, so scheinen, aus einem nachher anzuführenden Grunde, Basalt und Phonolith gleichfalls jünger zu sein, als Dolerit und Trachyt. Inzwischen haben alle endogenen Gesteine, trotz dieser Altersbeziehungen unter sich, dennoch den Namen abnorme erhalten, wodurch ihnen in Bezug auf Altersfolge wenigstens diejenige bestimmte Succession aller auf einander abgesprochen wird, die wir beim Sedimentgestein antreffen, dessen einzelne Formationen sich in so unabänderlicher, stets gleicher Reihe von unten nach oben folgen, daß dasselbe den Namen normales Gestein erhalten hat, weil dasselbe in Beziehung auf successive Ablagerung einer Regel, einer Norm unterworfen zu sein scheint.

Das Eindringen der plutonischen Massen in die Spalten und Klüfte des über ihnen gelagerten Gebirgs und die Uebereinstimmung derselben mit den vulkanischen Gebilden in Beziehung auf Form und Bestandtheile deutet unverkennbar, wie schon oben ausgesprochen wurde, auf einen ursprünglich weichen, und selbst feurig-flüssigen Zustand derselben hin, indem an einzelnen Punkten z. B. Granit-, Dolerit- und Trachytgestein Gestaltungen zeigt, die vermuthen lassen, daß sie bei ihrem Ausbruch keineswegs sich bloß in einem Zustand der Weichheit, sondern basaltartiger Flüssigkeit befunden haben müssen. Es fehlt ihnen zwar freilich die schaumige und glasartige Beschaffenheit des Bimssteins und Obsidians, allein dieß kommt unstreitig daher, daß sie sehr langsam und allmälig abgekühlt wurden. Man hat nämlich, wie schon §. 119 kurz angedeutet wurde, die Beobachtung gemacht, daß dicke Glasstücke bei langsamer und allmäliger Erkaltung ihre Durchsichtigkeit einbüßten und ein emailartiges Ansehen bekamen; setzt man künstliche Glasflüsse einer höchst allmäligen Erkaltung aus, so erhält man eine Substanz von krystallinischem Charakter, die also ihrer ganzen Struktur nach den Steinlaven gleicht. Daraus geht nun deutlich hervor, daß das glas- oder steinartige Aussehen des künstlichen Glases die bloße Folge einer schnellen oder langsamen Erkaltung ist, und dieß führte auf die Vermuthung, daß die formellen Unterschiede der verschiedenen Laven (§. 119), welche bei ihrem Hervortreten aus den Vulkanen alle feurig-flüssig sind, auf dieselben Ursachen zurückgeführt werden müssen. Mit großer Umsicht angestellte Versuche bestätigten diese Vermuthung und zeigten, daß natürliche Laven, wenn sie auf's Neue geschmolzen und schnell abgekühlt wurden, eine glasartige, dagegen eine granitische oder porphyrartige Beschaffenheit annahmen, wenn

man sie in eingeschlossenen Räumen langsam und allmälig abkühlen ließ. Die ersten Versuche dieser Art machte der Engländer Hall mit Laven vom Aetna und isländischer Vulkane, die er in Schmelztigeln einer heftigen Glut aussetzte. Nach kurzer Zeit flossen die Bruchstücke und wallten stark auf. Schnell abgekühlt lieferten sie schwarzes Glas, bei allmäligem Erkalten krystallinische Massen, im Bruche rauh und körnig, mit zahllosen schimmernden Blättchen durchmengt, und in den Blasenräumen hatten sich kleine Krystalle gebildet. Was nun vom Glas und den Laven gilt, muß auch von allen anderen natürlichen Bestandtheilen der Erde, die aus dem feurig-flüssigen in den starren Zustand übergegangen sind, gelten, also auch von den plutonischen Gesteinen, die so große Aehnlichkeit mit den Steinlaven haben. Der bei vielen derselben stärker, als bei den Laven, ausgeprägte krystallinische Charakter ist unstreitig die Folge einer noch viel langsameren Erkaltung. Daß aber die plutonischen Gesteinmassen ursprünglich, vor ihrer Erstarrung, in erweichtem und feurig-flüssigem Zustande gewesen seien, geht aus folgenden Betrachtungen über die sie zusammensetzenden Mineralindividuen hervor. Nach einer alten Erfahrung müssen die Theilchen eines mineralischen Körpers flüssig, wenigstens sehr erweicht sein, wenn sie krystallisiren sollen, indem alsdann die verschiedenartigen Stoffe Zeit haben, sich von einander zu sondern, und die zugehörigen, sich mit einander zu vereinigen. Diese Bedingung gilt nun begreiflich auch für die §. 124 angeführten Bestandtheile der plutonischen und vulkanischen Gesteinsmassen, und man sieht zugleich, daß der Absonderungs- und Vereinigungsprozeß dieser Bestandtheile nicht erfolgen könnte, wenn die flüssige Substanz, in der sie gemischt enthalten sind, schnell in den starren Zustand überginge. Bei schnell erfolgender Erstarrung würden nämlich die zu einander gehörigen Stoffe der Mischung sich nicht treffen und zu einem Ganzen vereinigen können, sie blieben in dem Gemische, wie der flüssige Zustand sie gemengt hat. Erst bei langsamem Uebergang der Masse aus dem flüssigen in den starren Zustand wird es den Krystallisationskräften möglich, das Zugehörige zu vereinigen, das Verschiedenartige zu sondern. Früher ging man nun von der Ansicht aus, daß für die meisten Mineralien, die in plutonischen oder vulkanischen Felsgebilden als wesentliche, oder als sehr bezeichnende Gemengtheile vorkommen, nicht die feurige Schmelzung, sondern die Auflösung im Wasser als Mittel des einstigen Flüssigkeitszustandes angenommen werden müsse: allein neuere Erfahrungen und Versuche haben den unumstößlichen Beweis geliefert, daß jene Gemengtheile durch Schmelzung in den flüssigen Zustand gekommen sind. Hüttenmännische Prozesse, wo Metalle durch Schmelzen der Erze vom Gestein und von Schlacken sich absondern, lieferten Feldspathkrystalle, die, wie die natürlichen, wesentlich aus Kieselerde mit Thonerde und Kali bestanden. In dem Beschickungsmaterial waren die zur Bildung von Feld-

spath nöthige Kieselerde und Thonerde vorhanden und die Asche des Brennmaterials lieferte das Kali; diese Bestandtheile erkalteten langsam und krystallisirten zu Feldspath. Auch Glimmer ist bei Hüttenprozessen künstlich gebildet worden; so sind in den Schlackenhalden von Dalekarlien Glimmerblättchen von mehreren Zoll Größe gefunden worden, die aus Kieselerde mit Thonerde (Talkerde) und Kali bestanden, ganz das Ansehen des natürlichen Glimmers hatten, und deren Bildung offenbar durch langsame Erkaltung erfolgte. Auf gleiche Weise wurden Magneteisen und Augit bei Schmelzungen künstlich erzeugt. Nur die künstliche Erzeugung von Quarzkrystallen wollte lange nicht gelingen, bis die neueren Entdeckungen in Beziehung auf Elektrizität und deren Einfluß auf Krystallbildungen auf die Erzeugung derselben führte. Man setzte gepulverten Feuerstein (Quarz) einem elektrischen Apparate aus, der ein ganzes Jahr hindurch in fortdauernder Thätigkeit verblieb, um dadurch die sehr allmälig wirkenden Kräfte der Natur nachzuahmen, und fand alsdann, daß sich rund um den positiven Pol Quarzkrystalle gebildet hatten. Es bleibt also nach solchen Erfahrungen und Versuchen kein Zweifel übrig, daß die Bestandtheile, welche die endogenen Felsmassen zusammensetzen, durch Schmelzung in den flüssigen Zustand gekommen sind; wenigstens ist es noch Keinem gelungen, die genannten Mineralindividuen durch Auflösung ihrer Bestandtheile in Wasser hervorzubringen. Die bestimmte Absonderung der einzelnen Gemengtheile plutonischer Gesteine von einander, die höheren oder geringeren Grade der Krystallisation und das eigenthümliche Gefüge derselben müssen daher, nach allen bisher gemachten Erfahrungen, als Folgen eines langsamen Erstarrens aus dem geschmolzenen Zustande gelten. — Es ist vorhin bei der Altersfolge der vulkanischen Gesteine bemerkt worden, daß Basalt und Phonolith jünger zu sein scheinen, als Dolerit und Trachyt, und man begründet diese Ansicht durch den Wassergehalt der beiden ersteren Gesteinarten. Den Ursprung dieses chemisch gebundenen Wassers, das in den anderen vulkanischen Verbindungen fehlt, erklärt Burmeister daraus, daß die Wasserdämpfe, welche zur Tiefe drangen, unter dem heftigen Druck der überliegenden Schichten zurückgehalten und dadurch genöthigt wurden, im Bestreben sich zu verdichten, mit den wasserfreien Silikaten ihrer Umgebungen chemische Verbindungen einzugehen. Nach seiner Ansicht verwandelten sie daselbst den Trachyt in Phonolith, den Dolerit in Basalt, und trieben die geschmolzenen Massen vor sich her, bis sie einen Ausweg gefunden hatten.

Die endogenen Gesteinarten zerfallen, mit Ausschluß der schon früher angeführten vulkanischen Gebilde, in folgende Haupt- und Altersgruppen:

1. Granite und Syenite. Der Granit (von granum, Korn) ist ein grob- bis feinkörniges Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer, von denen der Feldspath entschieden vorwaltet. Da diese Gemengtheile sämmt-

lich gleich vollständig krystallisirt neben einander auftreten, so wird der Granit nie homogen. In den meisten kleineren und größeren Gebirgszügen bildet er den Hauptbestandtheil, gleichsam das Hauptmauerwerk, an das sich die übrigen Felsarten anlegen. Er bildet immer großmassige Berge mit abgerundeten, aber unebenen und meistens vegetationsarmen Oberflächen, niemals isolirt stehende Kegelberge, nach Art der Vulkane. Da sein Inneres vielfach zerklüftet und gespalten ist, so treten oft scharfe Felswände, spitze Säulen und Zacken an ihm hervor, die seinen Gebirgen ein pittoreskes Ansehen geben. Wenn er als sanft gewölbtes, großmassiges Ellipsoid auftritt, so ist er in der Regel mit in Blöcke zersprengten Schalen bedeckt, die, nach der Ansicht von L. v. Buch, ihren Ursprung wahrscheinlich einer Zusammenziehung der anfänglich mit großer Ausdehnung aufsteigenden Oberfläche des Granitgewölbes verdanken. Anderwärts zeigt der Granit tafelförmige Absonderungen, und wo er über andere Formationen weggreift, dringt er in dieselben von oben in schmalen, vielgetheilten, sich auskeilenden Gängen ein und zeigt überhaupt öfters ein gangartiges Eindringen in seine Umgebungen. — Die Unterscheidung der mannigfachen Granite in porphyrartigen, wenn größere Feldspathkrystalle ausgesondert sind, in Schriftgranit oder Pegmatit, wenn der Glimmer sich zurückzieht und der im Feldspath eingeschlossene Quarz in vereinzelten prismatischen Stücken linienartig nach gewissen Richtungen, hebräischen Buchstaben ähnlich, vertheilt ist, in den Zinnerz führenden Greisen, oder Hyalomikten, wenn der Feldspath sich zurückzieht, so daß Quarz und Glimmer sehr vorherrschen, betrachtet Studer als keine wesentliche, da nach ihm nicht selten in der nämlichen Masse die Steinart bald in der einen, bald in der anderen dieser Abänderungen erscheint und jede in der Natur nur in beschränkter Ausdehnung auftritt. Dieser ausgezeichnete Geognost entlehnt daher die Charaktere zur Eintheilung der verschiedenartigen Granite vom Verhalten derselben im Großen, von Granitformationen, und zählt fünf Abänderungen des Granits auf, ohne damit die Mannigfaltigkeit desselben erschöpfen zu wollen. a) Gemeinen Granit, mit vorwaltendem Orthoklas-Feldspath, (Orthoklas besteht aus Kieselerde mit Thonerde und kieselsaurem Kali), der weiß, gelblich oder grau, seltener fleischroth, perlmutterglänzend und krystallinischblättrig, stark verwachsen mit grauem, glasglänzendem Quarz, auch wol in größeren Theilen porphyrartig auftritt; der Glimmer schwarz oder braun, in vereinzelten Blättchen eingemengt. Als außerwesentliche Gemengtheile finden sich neben anderen Mineralien ein: Eisenglimmer, als Stellvertreter des Glimmers, und Hornblende, durch die, wenn sie in großer Menge vorhanden ist, der Granit in Syenit übergeht. Häufig ist dieser Granit von Glimmerschiefer und Gneis begleitet. Vorkommen: auf der Insel Arran und in Cornwall;

im Ural; Riesengebirg, Fichtelgebirg, Harz; auf der zentralen Hochebene von Frankreich; in mehreren Inseln längs dem Südrande der Alpen; auf Elba; in den Pyrenäen. b) Hornblendgranit, in welchem schwarze Hornblende einen wesentlichen Gemengtheil bildet, besonders wo der Granit mit Syenit oder anderen Hornblendegesteinen in näherem Zusammenhang steht; der Feldspath häufiger roth als weiß, zuweilen kommen zwei Feldspatharten vor. Dieser Granit bildet die Hauptmasse des Sinai, und kommt in den Vogesen und in Schottland vor. c) Rother Granit, von braun- bis ziegelrother Farbe, mit rothem und weißem Feldspath. Er tritt häufig in der Nähe von rothem Quarzporphyr auf, ist oft porphyrartig, und der Glimmer, meist schwarz, ist häufig in vielen und größeren Blättern beigemengt, zum Theil in Nester vereinigt; der Quarz tritt nicht selten zurück. Viele dieser Granite sind ausgezeichnet durch starke Verwitterung und bedecken sich alsdann mit mächtigen Ablagerungen von Grus. Granite dieser Art kommen vor im Schwarzwald und Odenwald, bei Pedrazzo im südlichen Tyrol, und in der Nagelflue zwischen Thun und der Emme. d) Grüner Granit, in der Nähe von Serpentin. Er ist ein Gemenge von meist zweierlei Feldspathen, stark glänzendem Quarz und schwarzem Glimmer, mit öfters beigemengter Hornblende; der vorherrschende Feldspath spangrün, oder apfelgrün, der andere weiß und stark mit dem ersteren verwachsen oder porphyrartig abgesondert; der Glimmer zuweilen sehr zurückgedrängt. Dieser Granit bildet die Hauptmasse des Julier in Graubündten, wo er zum Theil in enger Verbindung mit Syenit auftritt, in den er auf Gravesalvas Gänge aussendet; Gerölle desselben kommen theils östlich von der Aare, theils westlich von der Emme sehr häufig in vielen Nagelflueablagerungen vor. e) Alpengranit (Geisberger), ein Gneis-Granit, der wesentlich von anderen Graniten abweicht. Die Bestandtheile sind weißer Feldspath und grauer Quarz, meist sehr enge verwachsen; der dunkelgrüne Glimmer gewöhnlich weich und matt, meist mit einem Ueberzug von hellgrünem, silberglänzendem Talk; der Feldspath sehr vorherrschend, zuweilen bis zur Unterdrückung des Quarz. Dieser Granit bildet den innersten und oft auch erhabensten Theil der krystallinischen Zentralalpen, die Steinart des Montblanc, der Grimsel, des Gotthard, der Selvrettagebirge in Bündten und der Gebirge im Osten des Brenners und des Groß-Venedigers. In den Alpen treten aber, nach Studer, noch andere Abänderungen des Granites auf, die in keine dieser fünf Gruppen ganz hineinpassen; so der kleinkörnige weiße oder gelbe Granit von Gastern und Lauterbrunnen, der Granit des Bergell mit mehr als zollgroßen rosenrothen Feldspathkrystallen, der Granit des Bernina mit äußerst zähem bläulichem Feldspath. — Der Syenit (genannt von Syene in Oberägypten) zeigt im Allge-

meinen keine große Verbreitung und steht in dieser Beziehung weit hinter dem Granit, diesem thätigsten Eruptionsgestein, zurück. Er erscheint selten ohne alle Verbindung mit Gesteinen der ihm nahe stehenden Gruppen als selbstständige Masse, und ist ein krystallinisch grob- oder feinkörniges Gemenge von Feldspath und glänzend schwarzer oder schwärzlich grüner Hornblende, unterscheidet sich also vom Granit durch den Mangel an Glimmer und Quarz. Der Feldspath ist bald Orthoklas, bald Labrador, seltener Albit, oder es kommt Orthoklas mit Albit zugleich vor; er ist meist deutlich krystallinisch, stark glänzend, grau oder roth. Auch die Hornblende erscheint gewöhnlich in prismatischen Theilen. Die deutlichere Trennung und krystallinische Beschaffenheit der Gemengtheile unterscheidet vorzüglich den Syenit vom Diorit, und deutet auf seine engere Verwandtschaft mit dem Granit. Von den beiden Gemengtheilen ist gewöhnlich der Feldspath, zuweilen auch die Hornblende vorherrschend; finden sich als nicht wesentliche Gemengtheile Quarz und Glimmer ein, so bildet sich ein Mittelgestein zwischen Syenit und Granit, und ist der Syenit klein- oder feinkörnig, treten in seiner Grundmasse größere Feldspathkrystalle auf, so erhalten wir den Syenitporphyr. Vorkommen: im Elbthal und bei Tharand in Sachsen, am nördlichen Fuß der Karpathen, in Mähren bei Blansco, im Odenwald, auf dem Gebirgskamm von Gravesalvas, von Granitgängen durchzogen (Studer); ausgezeichnete Syenitmassen, umschlossen von Gneisen, aus denen am Comersee die Abweissteine der Chaussee gehauen werden, und verbunden mit Granit, finden sich zwischen Bormio und Veltlin und hinter Sondrio; in Ungarn und Mexiko ist der Syenit die Grundlage des gold- und silberreichen Dioritgebirges.

2. Feldstein-, (Quarz-) und Augitporphyre. Die letzteren erscheinen weniger massenhaft als die ersteren, und diese bilden nach Art des Granits beträchtliche Hügel- und Gebirgsgruppen von oft sehr felsiger Gestaltung, deren Oberfläche eine nur dürftige Vegetation trägt. Das Innere derselben ist mannigfach zerklüftet, oder prismtaisch, kugelig oder tafelförmig zerspalten. Sie bilden häufig die tiefste Grundlage anderer Formationen, dringen gangartig in diese ein, oder verbinden sie durch Uebergänge mit ihren Steinarten. Die Feldsteinporphyre stammen sicher nicht alle aus derselben Zeitepoche, scheinen aber älter zu sein als die Augitporphyre, welche häufig als Begleiter derselben auftreten. Die Grundmasse beider Porphyrarten ist stets feldspathartig, und dabei entweder mit ausgeschiedenem Feldspath, oder Quarz, oder Augit gemengt, woher die Unterscheidung. Die Grundmasse der eigentlichen Quarzporphyre ist Eurit (ein inniges Gemenge von Feldstein und Quarz) mit Krystallen von Feldspath und Quarz, und erscheint meist braunroth bis ziegelroth, zuweilen auch violet, gelb, grau, grün, bis schwarz, ist erdig oder thonig, bis dicht und hart; die Feldspathkrystalle sind gewöhnlich roth und heller als die Grundmasse; nebst

Orthoklaskrystallen kommen bisweilen zugleich Albitkrystalle vor; der Quarz mit hexagonalen Pyramiden, oder als Körner; zuweilen tritt auch Glimmer, Chlorit, Eisenglanz und nicht selten Hornblende auf. Der Quarzporphyr hat eine sehr große Verbreitung, und zeichnet sich durch seine innige Verbindung mit der großen Sandsteinbildung des sogenannten Todtliegenden aus, das man versucht sein könnte, als Abkömmling desselben zu betrachten. Die in Thüringen und Südtyrol in weit verbreiteten großen Massen und als Grundgebirge auftretenden Porphyre haben eine dunkel braunrothe, thonige Grundmasse, diejenigen am Luganersee und im Loiregebiet eine hellrothe, dichte Feldsteingrundmasse; verschieden von diesen ist, nach Studer, der Quarzporphyr von Davos, in dessen feldspathartiger Grundmasse nur Quarz und Glimmer, aber kein Feldspath deutlich auskrystallisirt ist. Wir finden den Quarzporphyr im Erzgebirg, bei Halle, am südlichen Harzrande, mächtig entwickelt in Niederschlesien, bei Kreuznach am Rhein, bei Baden-Baden; am Südrand der Alpen tritt er vom Fassathal an, in naher Beziehung zum großen rothen Sandsteingebilde, in fortlaufenden Kuppen ostwärts bis Reichenhall auf, und weiter durch Kärnthen und Krain; ferner bei Autün, in den Gebirgen von Forez und des Esterel. Besteht die Grundmasse, die meist roth und braun, auch violet, grau oder grün ist, aus homogenem, dichtem Eurit, mit deutlich ausgesonderten Theilen und Krystallen von Feldspath, so heißt das Gestein Euritporphyr. Weil man früher diese dichte Grundmasse für Hornstein (inniges Gemenge von Feldspath und Quarz) gehalten, nannte man diese Porphyrart auch Hornsteinporphyr. Der Euritporphyr kommt vor in den Vogesen, am Südrand der Alpen von Biella bis an den Luganersee; in der Umgegend von Christiania, bei Elfdalen in Schweden und anderwärts. Die Formen dieser Porphyrarten sind sehr ausgezeichnet; in einem oft scharfen Kontrast mit den Umgebungen erheben sich die Porphyrberge gewöhnlich steil und isolirt über dieselben, bald in steilen, schroffen Kämmen mit tief eingefurchten, schluchtigen Thälern, bald in spitzen Pyramiden, Kegeln, schönen Kuppen und hohen Gewölben; die Thäler sind gewöhnlich steile, tiefe Schluchten, die wahrscheinlich Folge des Zusammenbrechens hochaufgetriebener, ausgedehnter Porphyrgewölbe sind. In den Augitporphyren ist die Grundmasse ein inniges Gemenge von Labrador und Augit, dunkel schwarzgrau gefärbt, wie die Basalte, aber in der Regel feiner gefügt und schwärzer; in ihr liegen ausgesonderte Krystalle derselben Mineralien. Das dunkle Ansehen dieses Porphyrs gab Veranlassung zu der passenden Benennung Melaphyr. Von dem Dolerit, der dieselben Bestandtheile hat, unterscheidet sich der Melaphyr nicht sowol durch seinen mineralogischen Charakter, als durch sein Auftreten im Großen, und L. v. Buch zweifelt nicht daran, daß die Kette der Kalkalpen ihre Erhebung dem augitischen Porphyr verdanke, und vermuthet, daß dasselbe Gestein die

Ursache, das unmittelbar Wirkende bei Erhebung mancher anderen Ketten auf der Erdoberfläche gewesen sei, wenn gleich man dasselbe nicht immer zu Tage austreten sehe; nach seiner Ansicht erscheint es uns erst dann, wenn die hindernden Massen so weit erhoben sind, daß es unter ihnen weg die Oberfläche berührt, daher vorzüglich an den Rändern der Spalte, wo das Gebirg in die Ebene auslauft. Der Melaphyr kommt, außer in den Alpen, am südlichen Rand des Hundsrücks vor, dessen Fuß es in gleichem Zuge begleitet; am Thüringerwald durchschneidet fast jedes Thal auf der Nordseite diesen Porphyr, und zwar gerade da, wo das Gebirg in die Ebene ausläuft; ausgedehnt und mächtig tritt er bei Ilefeld im Harze auf, ferner in den schlesischen Ketten, in den Umgebungen von Christiania, wahrscheinlich auch am Luganersee und anderwärts.

3. Grünsteine oder Diorite, ein körniges Gemenge von weißem oder hellgrünem Albit mit dunkelgrüner Hornblende, beide Gemengtheile beinahe verschwindend klein und dicht mit einander verwachsen, bis zu beträchtlicher Größe und deutlich getrennt; die Hornblende meistens vorwaltend. Bisweilen erscheint auch Quarz und Glimmer, wie im Syenit, aber minder häufig. Die sehr feinkörnigen und dunkleren Diorite sind es, die man vorzugsweise Grünstein nennt. Stellen sich leere oder mit Kalkspath angefüllte Blasen ein, so heißt das Gestein Diorit-Mandelstein, und Diorit-porphyr, wenn darin ausgesonderte Krystalle oder unregelmäßig begrenzte Theile von Albit enthalten sind. Kommt im Diorit Diallag vor (ein durch fast völligen Mangel an Kalkerde vom Augit abweichendes Talksilikat mit chemisch gebundenem Wasser), so geht er in Serpentin über. Wenn die groß-, klein-, bis feinkörnige, schwarze oder dunkelgrüne Hornblende in durch einander gewachsenen strahligen Krystallen erscheint, so heißt das Gestein Hornblendfels, der z. B. am Rothhorn oberhalb Perpan in Bündten, im Aostathal in enger Verbindung mit Serpentin, in der Umgebung des Monte Rosa und an anderen Stellen der Alpen auftritt. Der Diorit ist vielfach zerklüftet, und oft prismatisch, kuglicht oder tafelförmig, und schließt sich in der Art seines Vorkommens mehr an den Syenit an; beide sind aber nicht so häufig als der Granit, und erscheinen selbst in ihren Lagerstätten nie so mächtig, als dieses verbreitetste aller plutonischen Gesteine. Die flüssig oder in erweichtem Zustande an die Oberfläche emporgestiegene Gesteinmasse hat sich gewöhnlich zu vereinzelten Kuppen ausgedehnt, die oftmals charakteristisch hervorragen und meist anderen Bildungen aufgesetzt sind, oder er bildet zusammenhängende, zum Theil sehr felsige Gebirgs- und Hügelzüge, wie im Nordural und in Schottland, oder er durchbricht gangartig andere Gesteine. Wenn er anderen Felsarten aufgesetzt erscheint, so bedeckt er deren Abhänge oft mit ausgedehnten Trümmerhalden, wie am Ural, im Fichtelgebirg, in Nassau und im nördlichen Gebirgsstock von

Davos. Die Verbreitung des Grünsteins ist ziemlich allgemein; er tritt aber gewöhnlich nur in kleineren, stockförmigen oder gangartigen Massen auf, und erscheint so am Harz, in Sachsen, im Fichtelgebirg und rheinischen Schiefergebirg, ferner im Odenwald, Schwarzwald, Böhmen und Mähren; in den Vogesen; im skandinavischen Gebirge und anderwärts.

4. Hypersthenfels, ein körniges Gemenge von Labrador und Hypersthen (Talksilikat, das sich vom Augit durch Mangel an Kalkerde unterscheidet, dagegen etwas Thonerde aufgenommen hat), gewöhnlich ist darin auch noch Chlorit. Der Labrador, grau, weiß, oder grün, ist meist vorherrschend, der Hypersthen braun bis schwarz; gewöhnlich sind beide Gemengtheile feinkörnig, innig mit einander verwachsen, und das Gestein, schwärzlich grün, ist dem dichten Grünstein sehr ähnlich. Auffallend ist, wie man an den steilsten Abhängen der Hypersthenfelsberge hingehen kann; die hervorstehenden, nicht verwitternden Hypersthenblätter sichern den Tritt und halten ihn fest. Am Harz tritt diese Steinart in bedeutender Entwickelung auf, sie findet sich zwischen Bormio und Tirano; in Cornwall; bei Elfdalen in Schweden; im Ural; auf den Küsten von Labrador und Grönland.

5. Euphotid und Serpentin, deren gewöhnlichster Gemengtheil Diallag, außerdem Labrador ist; unwesentliche Gemengtheile sind Glimmer, Talk, Chlorit, Hornblende, Magneteisen u. s. w. Die schöne Steinart des Euphotid kommt gewöhnlich in enger Verbindung mit Serpentin vor, und zwar beinahe überall, wo der letztere in größerer Verbreitung auftritt. Diese Gebirgsart bildet stockförmige Massen in krystallinischen Schiefern, im rothen Sandstein, sowie in Jurakalken und Kreideablagerungen, und ihre Formen sind im Allgemeinen gerundet, bilden aber doch bisweilen, da das Gestein mitunter den Angriffen der Witterung hartnäckig widersteht, rauhe Felsen. Ist der Serpentin eingelagert, so besitzt er mit den einschließenden Gesteinen gleiches Streichen und Fallen und läßt sich oft meilenweit verfolgen. Zuweilen tritt er gangartig auf, als Verzweigungen einer in der Tiefe liegenden Grundmasse, und ist die Gangmasse in größerer Erstreckung selbst nicht sichtbar, so erkennt man dieselbe aus dem nahe liegenden sporadischen Hervorbrechen einzelner Serpentinmassen aus anderem Gestein, wie z. B. im Domleschg und bei Erosa in Bündten. In der Gebirgsmasse von Davos werden, nach Studer, Glimmerschiefer und Quarzite, wie der Bündtnerschiefer und der Kalk von Serpentin unterteuft, und wo er in der Höhe, andere Gebirgsarten überlagernd, auftritt, geschieht es unter Verhältnissen, die eher an ein gangartiges Durchbrechen, an ein Ueberströmen der flüssig hervorgequollenen Masse, als an regelmäßige Ablagerung erinnern. Der Serpentin setzt einzelne, nicht beträchtliche Berge zusammen, die, wie schon

bemerkt, meist Kegelgestalt mit schneller und pralliger Erhebung, stark gefurchte und eingeschnittene Abhänge, steile Gipfel und schroffe, klippige Felswände zeigen; anderemale dagegen bildet er plattrunde Kuppen, oder kleine Mulden. Er ist fast über die ganze Erde verbreitet und tritt unter mannigfachen Verhältnissen häufig hervor in der ganzen Erstreckung der südlichen Alpen, von Graubündten bis Aosta, von da, die Alpen begleitend, bis zum Apennin, in welchem er sich bis Parma verbreitet, in Toscana eindringt und selbst noch auf Elba und Corsica auftritt; wir finden ihn ferner im zentralen Frankreich, in den Vogesen; im Fichtelgebirg, in der Oberpfalz, in Sachsen; in der Türkei, in Griechenland; im Ural; in Südamerika und anderwärts.

Das abnorme Auftreten dieser 5 Hauptgruppen plutonischer Felsarten, ihre Lagerungsverhältnisse zwischen und über anderen Formationen, ihr Verästeln und Eindringen als Gangmassen und andere Verhältnisse mehr lassen gar keinen Zweifel übrig über ihr Emporsteigen, ihr zu Tage brechen aus den Erdtiefen in flüssigem oder erweichtem Zustande, und es geschieht fast zum Ueberfluß, daß ich hier noch eine Erscheinung erwähne, welche auf dasselbe Resultat führt, nämlich die Reibungsflächen und Reibungskonglomerate. Beide sind Folgen mechanischer Einwirkungen endogener Felsmassen auf einander, oder auf Sedimentgebilde, mittelbare Ergebnisse des Ausbruchs der ersteren. Die Reibungsflächen (Spiegel, Harnische) sind stellenweise vollkommen ebene, rauhe oder glatte, häufiger aber mit geradlinigen Streifen, oder selbst Furchen versehene Flächen, die sich in Gebirgen finden, wo endogene Massen verschiedenen Alters neben einander, oder zwischen Sedimentgebilden auftreten, und nur durch Reibung härterer Körper in einer und derselben Richtung entstanden sein können; sie sind die augenscheinlichen Folgen aufgetriebener, in die Höhe geschobener, oder abwärts gesunkener Felsmassen, deren Richtung unstreitig durch die Streifen und Furchen bezeichnet wird. Begreiflich mußte diese Abreibung durch den Grad der Erstarrung, in welche die sich berührenden Schichten bereits verfallen waren, bedingt werden, und man sieht leicht, daß eben davon auch die Zertrümmerung abhing, durch welche die Reibungskonglomerate erzeugt wurden. Die letzteren, in beiden Welttheilen in großen Massen vorhanden, bildeten sich nicht unter dem Einfluß von Wasser, welches dabei nur eine untergeordnete Rolle spielte, beschränkt etwa auf Dämpfe, welche die emporsteigenden Felsmassen und die sich bildenden Konglomerate begleiteten. Ueber die Natur ihrer Entstehung kann kein Zweifel obwalten; während nämlich bei denjenigen Konglomeraten, an deren Absatz das Wasser unmittelbaren Antheil genommen, sich die Gesetze der Schwere sehr deutlich erkennen lassen, indem die Trümmer an Größe von unten nach oben nach und nach abnehmen, bemerkt man bei den Reibungskonglomeraten davon

nichts, oder diese Abnahme ist mehr zufällig: auch die Schichtung, bei den Konglomeraten der erstern Art oft deutlich erkennbar, wird bei Reibungskonglomeraten vermißt. Sie bezeugen vielmehr oft die Intensität der Kraft, mit welcher die Eruptionsmassen gegen die Oberfläche gestoßen sind, als sie aus dem Inneren emporgetrieben wurden. Man hat zwei Arten der Reibungskonglomerate zu unterscheiden. Das einemal erscheinen abnorme Felsmassen, besonders Porphyre und Basalte, umgeben von eigenthümlichen Hüllen zusammengekitteter Gesteinbruchstücke, in denen jene Felsmassen gleichsam den festen Kern ausmachen; in anderen Fällen schoben die aus der Tiefe emporsteigenden endogenen Felsmassen, ohne selbst zu Tage auszubrechen, Trümmer von sehr bedeutender Mächtigkeit, oft ganze Hügel und kleine Berge, die aus solchen Konglomeraten bestehen, vor sich her. Beide Arten sind lediglich Folgen der Art und Weise, wie die endogenen Massen aus der Erdtiefe an die Oberfläche gelangten, und zahlreiche Bruchstücke der sich berührenden Flächen ablös'ten. Wenn beide Berührungsflächen gleiche Härte hatten, so mußten die abgelösten Bruchstücke zwischen ihnen mit fortgeführt werden, sie wurden dabei abgerieben und in ein feinkörniges, von dem abgeriebenen Pulver herrührendes Bindemittel eingelagert. War dagegen die eine Masse hart, die andere weich, so behielten die abgelösten Fragmente ihre eckige Form bei, und lagerten sich so in die erst weiche, nachher erstarrte Masse ein. Die Reibungskonglomerate der erstern Art kommen in der Regel auf weiteren Strecken vor, oft durch die ganze Länge von Bergen hin, und pflegen die Grenze anzugeben, welche zwischen früher oder später hervorgebrochenen plutonischen Massen besteht. Wo unsere Konglomerate Hügel oder Berge bilden, da wurden die Trümmer unter besonderen, oft nachweisbaren Umständen in unterirdischen Räumen gebildet; stiegen dann plötzlich endogene Massen in diesen Räumen empor, so schoben sie das Trümmerhaufwerk vor sich her über die Oberfläche hinaus, wodurch jene Hügel und Berge entstanden. Ihre Formen sind oft sehr schroff, völlig senkrechten Wänden ähnlich, oder sie steigen kegelartig, rauh und wild, wie Inseln aus ihrer Umgebung empor, und widerstehen, weil ihr Material oft sehr fest zusammengekittet ist, Jahrtausende jedem zerstörenden Einfluß.

Neptunische Gesteine.

§. 127. Die zweite Klasse der Entstehungsformen, das **Sedimentgestein**, setzt einen sehr bedeutenden Theil jener zwei Meilen dicken Erdrinde zusammen, von der §. 123 die Rede war; seine geschichteten, mit Versteinerungen durchwebten Lagen, wesentliche Bestandtheile der vorhandenen Kontinente, sind wässerigen Ursprungs, Niederschläge aus mehr oder

weniger verbreiteten Meeren und Süßwassern, dem Wesen und der Gesetzlichkeit nach entstanden, wie diejenigen Niederschläge, die wir noch heute unter unsern Augen entstehen sehen. Auch sie haben, wie die endogenen Ausbruchsgesteine, eine mythologische Benennung, neptunische Felsarten, erhalten, und der größere Theil derselben ist von der älteren Geognosie in drei große Klassen untergebracht worden, in die Uebergangs-, Flötz-, oder Sekundär- und Tertiärformationen. Das Zusammenwirken der beiden Hauptfaktoren bei der Erdrindenbildung, des Feuers und des Wassers, die daraus erfolgten wechselseitigen Lagerungsverhältnisse der endogenen und neptunischen Gesteinarten haben unserer Erdoberfläche im Laufe der Jahrtausende ihre gegenwärtige Physiognomie gegeben. „Wenn, sagt Humboldt, das Eruptionsgestein nicht seinen hebenden, und bei gleichzeitigem Erbeben der Erde seinen erschütternden Einfluß auf diese Sedimentbildungen ausgeübt hätte, so würde die Oberfläche unsers Planeten aus gleichförmig horizontal über einander gelagerten Schichten bestehen. Von allen Gebirgszügen entblößt, an deren Abhang im Pflanzenwuchse und in den Abstufungen der Arten sich die Skale verminderter Luftwärme malerisch abspiegelt, nur hier und da durch Erosionsthäler gefurcht, oder durch kleine Anhäufungen von Schuttland, als Wirkung der schwach bewegten süßen Wasser, zu sanften Wellen geunebnet, würden die Kontinente von Pol zu Pol, unter allen Himmelsstrichen das traurig einförmige Bild der südamerikanischen Llanos oder der nordasiatischen Steppen darbieten. Wie in dem größeren Theile von diesen, würden wir das Himmelsgewölbe auf der Ebene ruhen und die Gestirne aufsteigen sehen, als erhöben sie sich aus dem Schooße des Meeres. Ein solcher Zustand der Dinge kann aber auch in der Vorwelt wol nie von beträchtlicher Dauer und von räumlicher Allgemeinheit gewesen sein, da die unterirdischen Mächte ihn in allen Naturepochen zu veränderen strebten."

Alle aus tropfbaren Flüssigkeiten niedergesunkenen Stoffe, aus denen Sedimente entstanden, waren vor der Sedimentbildung entweder chemisch aufgelöst, oder schwebend und beigemengt im Wasser, und die Sedimente selbst somit entweder Produkte mechanischer Absätze, oder chemischer Niederschläge; aber auch bei den letzteren war das Niedersinken der Stoffe und ihre Anhäufung selbst nichts anderes als ein mechanischer Hergang der Bildung. Daß die plutonischen Gesteinmassen feurigen Ursprungs seien, ist im vorigen §. hinlänglich dargethan worden; für die Bildung der hier zur Sprache kommenden Sedimentgesteine unter Wasser muß ebenfalls der Beweis geleistet und wiederholt bemerkt werden, daß gar kein Grund vorhanden ist, in der älteren Zeit eine von der jetzt herrschenden verschiedene Steinbildung anzunehmen. Wir sahen schon §. 109, daß ganz neue Sandsteine große Aehnlichkeit zeigen mit den bunten Sandsteinen, die einer sehr frühen

Bildungsepoche ihr Dasein verdanken, umgekehrt stimmen andere Formationen, die nach ihren organischen Ueberresten den ältesten beigezählt werden müssen, nach ihrer Steinart mit den jüngsten überein. Wir wissen aus §. 109 und 113, wie sich in Seen und Meeren, an deren Küsten und den Mündungen der Flüsse Ablagerungen von Sand, Lehm, Gerölle bilden. Der Stoff zu diesen Sedimenten, meist im Zustande feinster Zertheilung, entweder durch die Stoß- und Tragkraft von Flüssen herbeigeführt, oder bei Meeresstürmen durch die brandenden Wogen erhoben, oder durch Winde von Sandwüsten über das Meer geweht, kann von Strömungen in weite Entfernungen von den Küsten verschleppt werden, sowie seine Ausbreitung über große Flächen durch den gleichförmigen und starken Druck des Wassers begünstigt wird. Erfuhren dann solche Ablagerungen bei ruhigem Meere, oder klarem Flußwasser, oder bei Windstillen Unterbrechungen, während welcher das sich bildende Sediment unter dem Drnck der Wasserbedeckung sich verdichtete, so veranlaßte dieß Stratifikation (von Stratum, Lage, Schicht), und es ist natürlich, daß solche Unterbrechungen und Ablagerungen oftmals mit einander abwechseln konnten. Der vom Wasser herbeigeführte Stoff solcher Sedimente besteht in der Regel aus Thon oder kohlensaurem Kalk, welcher theils rein bleibt, theils innig mit Quarzsandkörnern sich mischt, und oft sind die letzteren in so überwiegender Menge vorhanden, daß die ganze Schicht aus ihnen zu bestehen scheint. Durch Erhärtung dieser Stoffe entstehen weit verbreitete Lagerfolgen von Thon und Thonschiefer, Kalksteinen, Mergel, Sandsteinen. Da ferner bei den Eruptionen von Küsten- und Inselvulkanen das Meer oft weit und breit mit Auswurfsstoffen überschüttet wird, so unterliegt es keinem Zweifel, daß auch diese auf dem Meeresgrunde Sedimente bilden, die dann, so lange die Vulkane ruhen, vom gewöhnlichen Meeresschlamme bedeckt werden, und vielfach damit abwechseln. So oft wir also im Inneren der Kontinente die Anhäufung der genannten Stoffe zu mehr oder weniger großen Lagen wieder finden, so oft sind wir zu dem Schlusse berechtigt, daß irgendwo, nahe oder fern, Gebirge, von denen die Substanzen abgelöst wurden, fließende Wasser, welche dieselben fortgeführt hatten, Seen und Meere bestanden haben, an deren Ufern oder Grund jene Stoffe abgesetzt wurden. Nach der größeren oder geringeren Menge und Ausdehnung der Laven und Schichten können wir die Masse und Gewalt der Gewässer, von denen sie herbeigeführt wurden, beurtheilen. Weil andrerseits sich in den Meeren Muschelablagerungen vor unsern Augen bilden, so wird durch diese Erscheinung die Annahme vollkommen begründet, daß die zahlreichen Schichten von derselben Art, wie wir sie auf allen Höhen der Kontinente finden, sich nothwendig ebenfalls unter dem Wasser gebildet haben. Die innere Beschaffenheit der Schichten spricht gleichfalls für ihre Bildung unter Wasser. Bestehen sie nämlich, wie

gewöhnlich, aus Stoffen, die im Wasser nicht auflöslich sind, so haben sie ganz entschieden alle Eigenschaften, welche wir noch jetzt an den jüngst gebildeten Niederschlägen wahrnehmen. Ihre Bestandtheile sind mechanisch an einander gefügt, und der Grad der Härte und Festigkeit der Masse hängt lediglich von der innigeren oder lockerern Zusammenfügung ab. Die einzelnen Schichten besitzen häufig in sich selbst eine bald dünnere, bald dickere Ablagerung, die oft so fein ist, daß die Masse eine schiefrige Textur zeigt, die ohne Zweifel wieder auf einen schichtweisen Absatz hinweis't. Zur Verstärkung obiger Beweisgründe mag auch die denkwürdige Thatsache dienen, daß man an verschiedenen Orten, in Tiefen von 20 bis 70 Fuß unter der Oberfläche, auf Schichtungsflächen Fährten oder Spuren von Thierfüßen entdeckt hat. Die Schichtungsflächen einer Sandsteinart, die man bunten Sandstein nennt, enthalten z. B. sehr deutlich erkennbare Spuren, die von Schildkröten abstammen; in anderen Fällen rühren sie von Sumpfvögeln her. Die Schichten mußten offenbar, als sie diese Eindrücke empfingen, sich in weichem Zustande befunden haben, der augenscheinlich seine Entstehung dem Wasser verdankt. Und wenn wir nun vollends in den Schichten des Sedimentgesteins die deutlich erkennbaren Reste von Organismen finden, welche nur im Wasser leben können, also auch leben mußten, so ist uns damit selbst die Möglichkeit eines Zweifels, daß diese Schichten Niederschläge aus dem Wasser seien, benommen. Schichten, welche Versteinerungen führen, können sich nie in einem geschmolzenen Zustande befunden haben, weil thierische oder pflanzliche Reste, wenn sie in den feurig-flüssigen Teig versunken wären, durch die Glut hätten vernichtet werden müssen; denn keine organische Substanz, selbst nicht die kalkige der Schalen der versteinerten Thiere, von Pflanzensubstanzen gar nicht zu reden, ist feuerbeständig, oder behält ihre Form bei hohen Hitzgraden auch nur einigermaßen getreu bei. Nur wässerige Niederschläge waren geeignet, solche Ueberreste in sich aufzunehmen, und den Wechsel der Substanz, mit Beibehaltung der Form, den Versteinerungsprozeß, vor sich gehen zu lassen. Dabei versteht es sich von selbst, daß alle Schichten zur Zeit, als sie Muscheln und andere Reste von Organismen in sich aufnahmen, sich im Zustande der Weichheit befunden haben mußten; denn wären sie fest gewesen, so hätten die Thiere und Pflanzen weder in sie gelangen, noch viel weniger hätten alle inneren Windungen, alle zelligen Räume derselben mit der Schichtenmasse erfüllt werden können. An der Beschaffenheit der organischen Ueberreste, welche in den Schichten begraben liegen, wird man noch näher erkennen, ob die letzteren unter dem Süßwasser oder dem Meereswasser abgesetzt wurden, ob an den Küsten oder in den Tiefen des Meeres; ihr Gemisch, ihr Wechsel werden uns Abwechselungen von Süß- und Meereswasser anzeigen. Endlich liefern uns auch die im Wasser lebenden Zoophyten einen ebenso wichtigen,

als interessanten Beitrag zu dem hier zu leistenden Beweise. Es ist §. 116 gezeigt worden, daß noch in unseren Tagen diese mikroskopischen Thiere bei ihrer Gestein bildenden Arbeit, bei neuesten Kalk- und Sandbildungen überrascht worden sind. Sollte die ungeheure Werkstätte des Ozeans dieselben nicht auch in früheren Zeiten unseres Erdballs beherbergt haben? Sollten dieselben, bei ihrer zahllosen Vermehrung während kurzer Lebensdauer und ihrer gleichförmigen Vertheilung durch weite ausgedehnte Wassermassen, nicht schon in älteren Epochen der Schöpfung, gerade wie heute noch und nach derselben Methode, Kalksand und Kalkstein zusammengesetzt haben? Die Kreide, das jüngste Gebilde der sekundären oder Flötzformationen, ein gar nicht oder undeutlich geschichteter Kalkstein, der in vielen Ländern der Erde in sehr bedeutender Ausdehnung auftritt, besteht, nach Ehrenbergs Entdeckung, geradezu aus den zusammengehäuften Kalkgehäusen der Polythalamien oder Mooskorallen, entweder ganz buchstäblich, oder so, daß man deutlich erkennt, wie die zwischen den Schalen gelagerten, scheinbar unorganischen Körner nur aus Zersetzung und eigenthümlicher krystallinischer Umwandlung des Organischen entstanden sind, und dieser Satz gilt für die Kreide aus den verschiedensten Ländern. Eine Menge der Kreide nahe stehender, weder weißer noch abfärbender Kalkgebirge, die bisher nur zweifelhaft der Kreideformation beigezählt wurden, bestehen gleichfalls aus solchen Thieren, und zwar aus denselben Gattungen und Arten, welche in der Kreide vorherrschen. Noch mehr, Ehrenberg hat auch im Jurakalk, der wie die Kreide, eine weite Verbreitung hat, aber älter ist als diese, deutliche Spuren von Mooskorallen entdeckt, die sich indeß von denen der Kreide unterscheiden. So reicht, um mit Ehrenberg zu reden, die Morgendämmerung der mit uns lebenden Natur viel tiefer in die Geschichte der Erde, als man bisher geglaubt hatte; ob es gelingen werde, der kleinsten Thierwelt durch die ganze Reihe der Gebirgsglieder im Raum abwärts in der Zeit aufwärts zu begegnen, insofern dieß der Beobachtung überhaupt möglich ist, ist zur Stunde eine noch unentschiedene Frage. — So geht aus allem obigem unwidersprechlich hervor, daß die neptunischen Schichten sich unter dem Wasser gebildet haben, und dieß gilt nicht nur von den mechanischen Absätzen, sondern natürlich auch von den chemischen Niederschlägen, deren Stoff im Wasser aufgelöst war.

§. 128. Die Entstehung der neptunischen Felsarten auf wässerigem Wege unterscheidet dieselben auf's Bestimmteste von den endogenen. Ein anderer Unterschied liegt darin, daß jene Versteinerungen führen, während diese davon frei sind. Zwar hat man allerdings in Basalten, in jüngeren Graniten und Porphyren Versteinerungen getroffen, aber sie sind auf eine ganz andere Weise in sie gekommen, als in die neptunischen Schichten. Durchbrachen nämlich solche endogene Gesteine beim Emporsteigen zur Ober-

fläche versteinerungsreiche Formationen irgend einer Art, so konnte es leicht geschehen, daß sie Stücke von den Wänden des neptunischen Gesteins losrissen, umwickelten und mit sich in die Höhe nahmen. Schichtenbruchstücke solcher Art erscheinen dann in der Regel durch die Hitze der endogenen Masse bedeutend umgewandelt, welche nur auf die angegebene Weise zu Versteinerungen gelangen konnte. Das Produkt des wässerigen Niederschlags ist die Schichtung, welche einen dritten Unterschied zwischen den neptunischen und endogenen Felsarten begründet, und mit deren Verhältnissen wir uns näher bekannt zu machen haben. Erfolgt der Niederschlag regelmäßig und ununterbrochen, so nimmt die Ablagerung, da sie, wie es die Wirkung der Schwere fordert, in der Richtung des Erdhalbmessers geschieht, die Gestalt einer gleichmäßig dicken, horizontalen oder söhligen Tafel an, die Stratum, Schichte, Flötz, Lager oder Bank genannt wird. Je feiner die Niederschlagstheilchen sind, desto regelmäßiger wird sich die Schichte bilden, und in dieser Beziehung zeichnen sich die aus Auflösungen niedergeschlagenen Sedimente vor denjenigen aus, die Produkte mechanischer Absätze sind. Die Dicke der Schicht heißt ihre Mächtigkeit, und die zu Tag ausgehenden, d. i. die frei liegenden, unbedeckten schmalen Endflächen der Schichten nennt man ihre Köpfe, oder ihr Ausgehendes. Wirken Luft und Wasser auflösend und zerstörend auf vorstehende Schichtenköpfe ein, so treten höhere Schichten nach und nach gegen unterliegende zurück, so daß dadurch Felswände treppenähnliche Abdachungen erhalten. Wiederholte Unterbrechungen von Niederschlägen und Absätzen bewirken eine Aufeinanderfolge von Straten. Je länger die Unterbrechung gedauert hat, desto inniger wird sich die abgesetzte Masse durch die Einwirkung der Kohäsion, Affinität und Krystallisation verbunden haben, desto deutlicher werden die Ablösungs- oder Trennungsflächen zwischen den einzelnen Straten sein. Jede Schicht deutet daher auf einen Abschnitt, auf eine Periode in der Bildungszeit größerer Sedimentmassen hin. Eine aus Straten bestehende Niederschlagsmasse heißt stratifizirt, oder geschichtet. Schichten, die sich entweder durch besondere Mächtigkeit, oder durch ihre Substanz vor den anderen auszeichnen, nennt man Bänke, oder Lager; so spricht man z. B. von Steinkohlenlagern, Kalksteinbänken zwischen Sandsteinstraten, und nennt die über dem Lager befindliche Sedimentmasse sein Dach oder sein Hängendes, die unter demselben seine Sohle oder sein Liegendes. — Nicht alle Schichten zeigen eine söhlige oder horizontale Lage, sehr viele sind mehr oder weniger geneigt, selbst fast senkrecht. War nämlich der Boden, auf den der Niederschlag erfolgte, selbst etwas geneigt, so werden auch die Schichten eine geneigte Lage angenommen haben, und zwar mit einer nach unten zu wachsenden Dicke, nie aber wird eine flüssige Niederschlagsmasse, allen hydrostatischen Gesetzen entgegen, eine stark geneigte, oder gar senkrechte Stellung der Schichten bewirken. Eine

solche Schichtenlage ist, wenn nicht Senkungen Statt gefunden haben, stets das Ergebniß von Erhebungen, von Aufrichtungen, die zu verschiedenen Zeiten eintreten, und wol weitaus den meisten Schichten ihre von der ursprünglichen horizontalen Lage abweichende Stellung gegeben haben. Wo immer wir also geneigte Schichten sehen, können wir, mit Ausnahme der seltenern Fälle von Senkungen, behaupten, daß sie aus ihrer ursprünglichen Lage durch eine Hebung gerückt worden seien. Bei solchen Hebungen konnte nun eine Schichtenmasse ganz bleiben, weil sie entweder noch nicht ganz fest war, oder eine gewisse Zähigkeit besaß, oder sie konnte nach einer gewissen Richtung gespalten werden, in welchem Falle dreierlei Verhältnisse der Spaltenränder gegen einander denkbar sind. Entweder beide Ränder der Spalte wurden gehoben, oder beide senkten sich, oder der eine Rand blieb liegen, der andere hob oder senkte sich. Man sieht leicht, daß im ersten Fall die gehobenen Schichten, welche allemal der hebenden Masse zugekehrt sind, einen in der Richtung der Spalte fortlaufenden Höhenzug bilden müssen, zwischen dessen Schenkeln die hebende Masse liegt, und dessen Seiten mit der Ebene, gegen welche sie geneigt sind, einen Winkel bilden. Dieser Winkel heißt der Fallwinkel, oder, in der Bergmannssprache, das Fallen der Schichten. Da diese aber den Höhenzug bilden, so wird man von der Falllinie auch noch die Linie des Erstrecktseins der Schichten, die Richtung, in welcher sie parallel mit dem Höhenzuge fortgehen, zu unterscheiden haben. Man nennt diese Linie das Streichen der Schichten. Beide Linien schneiden sich unter rechten Winkeln, weil die Neigungsebene unmöglich mit derjenigen der Streichung zusammenfallen kann. Während uns der Fallwinkel die Stärke der Hebung angibt, ersehen wir aus der Streichungslinie die Richtung der Bewegung, durch welche die Hebung erzeugt worden ist. Diese Benennungen erleiden ihre Anwendung auch auf die Schichten des zweiten und dritten Falles, sowie auf diejenigen, die gehoben wurden, ohne zerspalten worden zu sein. Diese allgemeinen Beobachtungen über horizontale und geneigte Schichten reichen indeß nicht immer aus; man hat häufig auch die relative Schichtung der verschiedenen Ablagerungen, der verschiedenen Schichtenfolgen, welche Absätze desselben Meeres sind, zu unterscheiden. Die Stellung zweier angrenzender Formationen zu einander heißt ihr Lagerungsverhältniß, oder ihre Lagerung, welche übereinstimmend oder nicht übereinstimmend sein kann. Liegen die Schichtungsebenen verschiedener Formationen, z. B. von Kalksteinen und Sandsteinen, mit einander parallel, so heißen sie übereinstimmend oder gleichförmig gelagert, welches übrigens auch die allgemeine Stellung ihrer Schichten sein mag — horizontal oder geneigt, konvex oder konkav (Fig. 55 bis 59). Von den beiden letzten Verhältnissen heißt die Lagerung, Fig. 57, schiffs- oder muldenförmig, wenn die Schichten, wie dieß besonders bei den Steinkohlen-

ablagerungen vorkommt, in konzentrischen Krümmungen eine flache Vertiefung ausfüllen, sattelförmig, Fig. 58, wenn die Schichten von beiden Seiten zu einer geradlinigen Kante dachförmig aufsteigen, mantelförmig, Fig. 59, wenn die Schichten sich um einen kegelförmigen Berg, von dem sie vielleicht gehoben wurden, herumlegen. Zwei Formationen sind ungleichförmig oder abweichend gelagert, wenn sich ihre Schichtungsflächen unter irgend einem Winkel schneiden, beide Formationen also verschiedene Neigung haben. Bald stützen sich horizontale Schichten gegen geneigte, Fig. 60, bald geneigte gegen andere, die ebenfalls eine Neigung haben, Fig. 61 und 63, bald ruht die obere Formation auf den Schichtungsköpfen der untern, Fig. 62, in welchem Falle die obere Lagerung die übergreifende heißt; die untere unterteuft die obere, oder schießt ein unter dieselbe.

Die ungleichförmigen Lagerungsverhältnisse stratifizirter Formationen sind in gedoppelter Hinsicht von Wichtigkeit, indem sie auf verschiedene Bildungsepochen und namentlich auf mehrfache Hebungen hinweisen. Wie nämlich, gemäß der Entstehungsweise neptunischer Schichten, die untere von zwei Schichten älter sein muß, als die obere, ebenso ist die untere von zwei ungleichförmigen Ablagerungen älter als die obere; auch können beide nicht auf dieselbe Weise entstanden und Niederschläge aus demselben Wasser sein, weil sie sonst mit einander parallel liegen müßten. In Fig. 60 und 62 sind die horizontalen Straten jünger als die geneigten, zwischen der Bildung der aufgelagerten und ihrer Grundlage trat eine Periode der Ruhe ein, während welcher kein Niederschlag erfolgte, und bevor sich die horizontalen absetzten, mußten die geneigten gehoben worden sein. Es ist keine neue Hebung mehr erfolgt, wenn die obern Schichten horizontal liegen, weil wir sie noch gerade so finden, wie sie sich unter dem Wasser gebildet haben. Sind aber die oberen Schichten b selbst geneigt, wie in Fig. 61, so sind sie zwar später abgesetzt worden, als die unteren a, wurden aber mit diesen gleichzeitig gehoben; in Fig. 63 dagegen haben sie eine spätere Hebung erlitten, als die Formation a. So besitzen wir in den lokalen Lagerungsverhältnissen der Formationen zu einander ein sicheres Mittel zur Bestimmung ihres relativen Alters, und gelingt es z. B., das relative Alter der horizontalen Ablagerung zu erkennen, so haben wir auch eine relativ bestimmte Epoche der Katastrophe, welche die Aufrichtung der Grundlage bewirkt hat. Ueberall also, wo durch bergmännische Arbeit, durch tiefe Thaleinschnitte, oder an den Felsengestaden des Meeres das Gebirg entblößt ist, wird es möglich, die Reihenfolge der Formationen und die relativen Erhebungsepochen zu bestimmen, die einer bestimmten Gegend angehören. Was den letzteren Punkt, die Bestimmung der Perioden betrifft, in welchen Erhebungen erfolgten und Gebirgszüge gebildet wurden, so läßt sich derselbe im Allgemeinen auf folgende

Weise veranschaulichen. Steigt der Beobachter, der natürlich eine genaue Kenntniß der neptunischen Schichten haben muß, von den geneigten Abhängen eines Gebirges a, Fig. 64, in die Ebene hinunter, und trifft er dort auf ein horizontales Schichtensystem, von welchem in den Abhängen selbst keine Spur vorkommt, so ist er zu dem Schlusse berechtigt, daß der Gebirgszug, von dem er in die Ebene gelangte, älter sei, als das horizontale Schichtensystem am Fuße des Gebirges, daß derselbe also mit seinen Ketten und Abhängen bereits aus dem ihn umgebenden Wasser emporragte, aus welchem jene horizontalen Schichten niederfielen, und eben deßhalb von den neu entstehenden Sedimenten nicht bedeckt werden konnte. Stößt dann der Beobachter irgendwo auf eine zweite, von der ersten verschiedene, horizontale Schichtenreihe der Ebene, die in den Abhängen des Gebirgszuges ebenfalls nicht getroffen wird, so folgt daraus wiederum, daß das Gebirg schon früher erhoben worden war, bevor die zweite horizontale Schichtenreihe abgesetzt wurde. Findet er aber in der Ebene unter den zwei ersten eine dritte horizontale Schichtenreihe, welche mit den äußersten gehobenen an den Abhängen des Gebirgszuges identisch ist, so erkennt er daraus, daß die Bildung der dritten Schichtenreihe älter ist, als die Erhebung des Gebirges a, das von diesen Schichten bedeckt ist, daß diese also aus einem Meere abgesetzt wurden, das einst selbst noch das erst später gehobene Gebirg bedeckte. Das relative Alter der Erhebung des Gebirgszuges a fällt also in die Periode zwischen der Bildung der zweiten und dritten Schichtenreihe der Ebene, er ist jünger als die dritte Schichtenreihe, älter als die erste und zweite, mithin auch älter als das Gebirg b, durch dessen Erhebung die erste und zweite Schichtenreihe aus ihrer horizontalen Lage gerückt und an ihm aufgerichtet wurden. Gelingt es nun, das Alter des ersten und dritten Schichtensystems zu bestimmen, so ergibt sich daraus auch das relative Alter der Gebirgszüge a und b. Daraus geht nun ferner hervor, daß Gebirgszüge, an deren Abhängen gar keine gehobenen neptunischen Schichten getroffen werden, älter sein müssen, als alle Wasser, aus denen Niederschläge erfolgten, und älter als diejenigen Gebirge, in denen wir aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lage emporgerückte Schichten antreffen, und es läßt sich vielleicht im Allgemeinen der Satz aufstellen, daß mit zunehmender Zahl gehobener Schichten das Alter eines Gebirgs im umgekehrten Verhältniß, d. i. der jetzigen Ordnung der Dinge um so viel näher stehe. Auch geht aus Obigem hervor, daß die Gebirgsketten nicht gleichzeitig, sondern nach und nach hervorgetreten und die jetzigen Kontinente erst im Laufe von Jahrtausenden zu ihrer jetzigen Ausdehnung zusammengefügt worden seien. Was die wahrhaft horizontalen Schichten betrifft, so verdient hinsichtlich ihrer bemerkt zu werden, daß sie vorzugsweise nur ausgedehnten Ebenen eigen sind, innerhalb der Gebirgszüge aber entweder gar nicht, oder nur sehr selten in kleinen Erstreckungen vor-

kommen. — Schon schwieriger stellt sich die Sache heraus hinsichtlich des anderen der oben erwähnten Punkte, nämlich der Reihenfolge von Lagerungsganzen, oder Formationen, wenn die Beobachtung nicht auf ein und dieselbe Gegend beschränkt bleibt, sondern in dieser Beziehung geographisch getrennte Gegenden mit einander verglichen werden. Soll nämlich bestimmt werden, ob von den Formationen einer Gegend die eine oder mehrere als identisch, oder doch gleichzeitig mit Gliedern von Formationsreihen einer anderen Gegeud, d. i. ob z. B. der Jurakalk bei Solothurn und der ihm aufgelagerte Sandstein mit dem Kalkstein des Apennins und dem ihm zunächst jüngeren Sandstein bei Rom als parallele Formationen, oder als geologische Aequivalente zu bezeichnen seien; so kann die Bestimmung der Gleichzeitigkeit oder der Altersverschiedenheit bloß aus den Lagerungsverhältnissen und selbst der Steinart der Formationen eine schwierige Aufgabe sein. Die Gründe hievon werden von Studer klar und bestimmt angegeben. „Beurtheilt man, sagt er, die früheren Zustände der Erdfläche nach den jetzt bestehenden, so ist vorerst klar, daß eine Uebereinstimmung aller Glieder der verschiedenen Reihenfolgen nicht zu erwarten steht, indem früher, wie jetzt, an den einen Stellen die Sedimentbildung rasch fortschreiten, an anderen gar keine Statt finden und an noch anderen ältere Sedimente fortwährend weggespült und geschwächt werden konnten; so daß, wenn auch in den zu vergleichenden Formationsfolgen einzelne Glieder als identische erkannt werden sollten, dennoch die übrigen wesentlich von einander abweichen können; aus der Uebereinstimmung der Kalksteine bei Solothurn und im Apennin z. B. keineswegs auch diejenige der zunächst jüngeren Sandsteine gefolgert werden dürfte. Es ist ferner klar, daß selbst gleichzeitige Formationen in ihrer Steinart und Verbreitung sehr verschieden, nicht gleichzeitige sehr ähnlich sein können, so wie auch gegenwärtig in verschiedenen Gegenden die ungleichartigsten Sedimentbildungen, Ablagerungen von Schlamm in Meeren, von Sand und Kieseln durch Flüsse, von Travertin durch Kalkwasser, von Laven in vulkanischen Gegenden vor sich gehen, und auch die Grundlage dieser Ablagerungen alle mögliche Verschiedenheit darbietet, während umgekehrt z. B. ein Meeresschlamm der ältesten Periode sich nicht wesentlich von einem jetzt sich ablagernden unterscheiden mochte.“ Ein Beispiel dafür, daß selbst gleichzeitige Ablagerungen in ihrer Steinart sehr verschieden sein können, geben uns die im mittelländischen Meere an den Mündungen der Rhone, des Po und des Nil gebildeten Niederschläge der gegenwärtigen Zeit. Aus dem Wasser des ersten Stromes werden kalkige Felsarten niedergeschlagen, während Geschiebe in sein Delta geführt und daselbst durch kohlensauren Kalk in ein Konglomerat verbunden werden; das Nidelta besteht dagegen lediglich aus weichem Schlamm und feinem Sand. Auch der Po führt Schlamm und Sand in das adriatische Meer, allein da dieser Absatz aus

der Zersetzung von Gebirgen entsteht, die gänzlich verschieden von denen sind, die der Nil und die Rhone entwässert, so ist natürlich von einer Uebereinstimmung in ihren Niederschlägen keine Rede. Wo wir also weder aus den Lagerungsverhältnissen, noch aus dem Gestein der Formationen in von einander getrennten Ländern die Kennzeichen zur Bestimmung des Alters derselben finden, werden wir uns zu diesem Zwecke nach einem andern Hülfsmittel umzusehen haben, und wir besitzen dieses in den Versteinerungen organischer Ueberreste, welche die neptunischen Formationen einschließen. Ihr Studium, welches die fossilen Reste von Pflanzen und Thieren in ihrem Verhältniß zu dem Aufeinanderliegen und relativen Alter der Sedimentformationen betrachtet, ist in neuerer Zeit fast der wichtigste Theil der Geognosie geworden.

Die periodischen Aufrichtungen neptunischer Schichten, hervorgebracht durch Eruptionsmassen, waren allemal von Umwälzungen begleitet, die einen Theil der Erdoberfläche trafen, und bewirkten um so größere Störungen in der ruhigen Bevölkerung der Erde, je ausgedehnter und mächtiger sie selbst und die Erschütterungen waren, welche die aufsteigenden endogenen Gesteinmassen hervorbrachten. In den Zeiträumen zwischen zwei auf einander folgenden Eruptionen, oder in den Perioden der Ruhe, konnte sich organisches Leben in den Meeren und auf dem bereits vorhandenen Festlande entfalten, dessen Reste sich in den meisten neptunischen Schichten, oft nur sparsam, noch öfter in ungeheuren Mengen, finden. Diese fossilen Pflanzen und Thiere der verflossenen Jahrtausende müssen zu der Zeit gelebt haben, als die sie einschließenden Schichten auf dem Boden des Meeres sich bildeten. Es ist denkbar, daß die heftigsten, in Folge von Erhebungen eingetretenen Katastrophen die vorhandenen Organismen alle vernichten konnten, oder es war auch ein theilweises Bestehen und ein Uebergang derselben aus einer Umwälzungsperiode in die andere möglich, was bei minder mächtigen Ereignissen dieser Art öfter der Fall gewesen zu sein scheint, da wirbellose, wie Wirbelthiere sich durch eine Reihe von Formationen hindurchziehen und eine scharfe Abgrenzung derselben nach organischen Charakteren oft erschweren. So stellt sich aus allen den zahlreichen Gebirgsgliedern zusammen ein hingeschwundenes fossiles Pflanzen- und Thierreich dem jetzt lebenden gegenüber. Wie die großen Klassen der Thierwelt nach den äußeren und inneren Merkmalen ihres Baues wieder in Familien, Geschlechter und Arten aus einander gehen, so bilden die Gesteine von der härtesten, feinkörnigen Grauwacke bis zum losen Sande, vom dichtesten, körnigen Kalksteine bis zur erdigen Kreide, vom gleichartigen, dunkelblättrigen Thonschiefer bis hinauf zum gemeinen Töpferthon eine zusammenhängende Reihenfolge. Vergleicht man beide Reihen mit der heutigen organischen und unorganischen Natur, so erweisen alte und neue Beobachtungen, daß die Mineralkörper, und daß die Faunen und Floren in

ihrem Anblick ungefähr in dem Verhältnisse ihren heutigen Verwandten unähnlicher sind, als sie älteren Epochen angehören, daß mit dem wachsenden Alter der ganze Styl der Bildung fremdartiger, abweichender wird von demjenigen, nach welchem die Natur heutzutage baut und zeugt. In den tiefsten, somit ältesten Schichten, welche überhaupt noch Versteinerungen führen, sind nur niedrige Thiere und Pflanzen, jedenfalls lauter Geschöpfe des Wassers begraben. Man schließt daraus, daß einst die Erde ringsum mit Wasser bedeckt gewesen, wobei sich die Vorstellung von einer allmäligen Ausbildung des Festlandes von selbst anbietet, und durch die Art und Weise, wie sich das Thierreich in der Folge der Sedimentformationen aufwärts entwickelt und ausbildet, im Allgemeinen vollkommen bestätigt wird. Dabei weisen aber alle Erscheinungen darauf hin, daß zwar im Ablauf der Zeit Alles auf Erden anders geworden, daß aber der Haushalt der Natur im Großen und Wesentlichen von jeher derselbe gewesen, und daß die Zeugungskraft der Erde von Anbeginn aus denselben einfachen Quellen geflossen sei. Sobald sich in den Gebirgsschichten überhaupt Spuren ehemaligen Lebens zeigen, sind auch gleich die Wurzelformen aller thierischen Bildung, der Strahlenthiere, Weichthiere, Gliederthiere, Wirbelthiere, zumal vorhanden, und zwar erscheinen diese nicht abhängig vom vegetabilischen Leben, weil dieses nicht vor dem animalischen auf der alten Erde erwacht ist, indem die Petrefakten der ältesten Uebergangsschichten lehren, daß sich Pflanzen und Thiere neben einander entfaltet haben. Wenn sich allerdings die Einfachheit der ersten Lebensformen beider Reiche nicht verkennen läßt, so ist dennoch die Vorstellung von der zeitlichen Entwicklung des Thier- und Pflanzenreichs von niedrigeren, einfacheren Formen zu immer höheren und vielfältigeren nur in beschränktem Sinne richtig, in demjenigen nämlich, daß Allem nach der höheren, der Wirbelthiere, Fisch, Reptil, Vogel, Säugethier, in dieser Reihenfolge, also die niedrigsten zuerst, die entwickeltsten zuletzt aufgetreten sind. Wären von Anfang an alle Bedingungen des Daseins für Pflanzen und Thiere vorhanden gewesen, wir würden wahrscheinlich in den ältesten versteinerungshaltigen Schichten die Typen sämmtlicher Lebensformen antreffen; allein weil in der äußeren Natur im Verlauf der Ausbildung der Erdrinde gewisse Lebensbedingungen, wie z. B. die Bildung von Festländern, erst nach und nach eintraten, so konnten in Folge dessen gewisse Organisationen auch nur eine Entwicklung in der Zeit haben, die Typen des Fisches und Reptils entstanden und verschwanden unter zahllosen Formen, bis das Säugethier auftreten konnte. Vergleichen wir daher das antike fossile Pflanzen- und Thierreich mit dem jetzt lebenden, so finden wir in letzterem keine einigermaßen bedeutende Familie oder Gruppe, welche nicht in irgend einer Periode ihre fossilen Gegenbilder fände. Allein diese fallen, obwol sie offenbar nach

demselben Plane gebaut sind, in den Einzelheiten der Struktur mit ihren lebenden Verwandten selten, fast nie ganz zusammen. In den ältesten versteinerungshaltigen Schichten ist die Klasse der Wirbelthiere nur durch Fische in geringer Zahl vertreten, und diese weichen in ihrem Bau von den verwandtesten lebenden Geschlechtern bedeutend ab. Fische, die ältesten und niedrigsten aller Wirbelthiere, treten von da an unausgesetzt auf durch alle Formationen bis in die tertiären hinein, aber von den 1700 Arten fossiler Fische, die man kennt, ist noch keiner gefunden worden, welcher der Art nach mit einem jetzt lebenden Fische identisch wäre, ja in den unteren Tertiärgebilden gehört, nach Agassiz, ⅓ der fossilen Fische bereits ganz untergegangenen Geschlechtern zu, und in den Flötzformationen unter der Kreide ist kein einziges Fischgeschlecht der heutigen Zeit mehr zu finden. Kein Knochen eines Reptils, viel weniger eines Vogels oder Säugethiers, ist in den ältesten versteinerungshaltigen Schichten gefunden worden. Wirbellose fossile Landthiere sind in denselben selten, und doch beweisen die in ihnen vorkommenden fossilen Landgewächse, die an so vielen Stellen der Erde erhoben wurden, das Bestehen von Festland zur Zeit des Niederschlags dieser frühesten Bildungen. Es folgt daraus, daß damals auch Landthiere, z. B. Insektenarten u. dgl. nicht gefehlt haben können, deren Dasein in jener frühesten Zeit, so gut wie in der Oekonomie der heutigen Natur, an das Dasein von Pflanzenarten gebunden war. Wenn gleichwol in Meeresablagerungen fossile Landthiere verhältnißmäßig selten vorkommen, so ist dieß theils aus der vergänglichen Textur vieler derselben, theils aus dem Umstand zu erklären, daß Leichname, die an der Erdoberfläche liegen bleiben, durch andere Thiere und durch atmosphärische Einflüsse schnell zerstört werden, ihre Reste daher sich auf dem festen Lande nur zufällig erhalten haben können. Nur wo Landthiere, entweder todt oder lebendig, von den Fluthen in Seen oder Meeresbuchten geschwemmt wurden, wie noch heutzutage geschieht, finden sich ihre Reste in Gesellschaft von Geschöpfen des Wassers, und zwar immer in Schichten, die sich auf dem Boden von Landseen, oder rings an den Meeresküsten gebildet haben. In der großen Periode der Flötzbildungen, von der Kohlengruppe aufwärts bis zur Kreide, erscheinen fort und fort in ungeheurer Anzahl immer neue Formen von Seebewohnern, und im Allgemeinen zeigt es sich, daß sie den heute lebenden schon näher kommen, als die der älteren Formationen. Dasselbe gilt auch von den Pflanzen. Die vielen in dieser Zeit erfolgten Erhebungen hatten die Masse des Festlandes bedeutend vergrößert, und in Feuchtigkeit und Trockenheit, in Licht und Beschattung und in der Höhe über dem Meere mannigfache Standpunkte gebildet, an welche die verschiedenen Familien der Gewächse mit ihrem Lebensprozeß gebunden sind. In dieser großen Periode entfaltete sich daher das Pflanzenreich in dem Maße, als durch die Erhebung und Erweiterung der Länder jene

klimatischen Verhältnisse sich vervielfältigten. In derselben Periode traten zugleich mehrere Klassen höherer Thiere auf, von denen die älteren Gebirge keine Spur enthalten, und die in der Juraformation, welche unter der Kreide liegt, ihr Maximum erreichen. Sie bestehen aus einer ganzen Schaar von Reptilien, kaltblütige, frostige Thiere, halb an das Wasser, halb an das Land gebunden, und unter diesen die in der See und in Flußmündungen lebenden Schildkröten und Lazerten in größerer Zahl, als Schlangen und Frösche, weil die letzteren, wesentlich Thiere des Landes und der süßen Wasser, in die überwiegenden Meeresbildungen nur zufällig gerathen sein konnten. Unter die frühesten Reptilien gehören die Eidechsen, die, in den Hauptmerkmalen des Baues mit lebenden Gattungen übereinkommen, nur daß sie großentheils vielmal größer sind, andere dagegen sind nach einem Plane und für eine Lebensweise gebaut, wofür es in der heutigen Schöpfung kein Beispiel mehr gibt; alle aber sind jetzt völlig verschwunden, und kommen auch über der Kreide, in den tertiären Gebilden, nicht mehr vor. Zahllose Fußspuren verschiedener Vogelarten, namentlich von Sumpfvögeln, sind auf Platten des bunten Sandsteins, welcher einer früheren Flötzbildung angehört, entdeckt worden, und auch in jüngeren Gliedern der sekundären Periode hat man Reste von Vögeln gefunden. In derselben Formation des bunten Sandsteins wurden auch Fußstapfen eines Säugethiers entdeckt, das für eine Art von Beutelthier erklärt worden ist. So treten also während der großen sekundären Periode, in welcher durch wiederholte plutonische Durchbrüche und dadurch bewirkte Hebungen die Festländer sichtbar schon eine bedeutende Ausdehnung gewonnen hatten, unter dem üppigsten Pflanzenwuchse warmblütige Thiere neben einer Welt riesenhafter Eidechsen, Krokodille, Schildkröten und Schlangen auf, zu niederen Thieren gesellten sich bereits höhere, mit jetzt lebenden im Allgemeinen verwandt, von ihnen aber spezifisch und durch ihre Größe verschieden. Das Auftreten Luft athmender Wirbelthiere in dieser großen Hauptperiode der Erdrindenbildung bezeichnet an dieser Stelle ohne Zweifel einen Hauptwendepunkt des organischen Charakters, da alle Organismen, welche früher vorkommen, der Gegenwart höchst unähnlich sind, und Amphibien, Vögel und Säugethiere geben uns auf einander folgende Unterabtheilungen an die Hand. Was die Schichten der tertiären Formationen, oder der auf die Kreide folgenden antidiluvianischen Periode betrifft, so stimmen im Allgemeinen die Gewächse derselben weit mehr, als die früheren, mit dem heutigen Vegetationscharakter ihrer Fundorte überein; die früheren, rein tropischen Formen sind Waldbäumen der Gegenwart gewichen, die indeß immer noch auf eine höhere Temperatur, namentlich der gemäßigten Zone, hinweisen. Der nunmehr verschwundene, außerordentlich harzreiche Bernsteinbaum, der unserer Weiß- und Rothtanne am nächsten kam, aber eine eigene Art bildete, gehört eben-

falls dieser Periode an. Von den sich durch alle Klassen erstreckenden fossilen Thieren dieser Periode gibt es selten irgend eine Familie, welche der Gegenwart fehlte; und die niederen Abtheilungen derselben zeigen sogar eine spezifische Uebereinstimmung. Fossile Vögel gehören, aus dem oben angegebenen Grunde, auch hier, wie überall, zu den Seltenheiten. Die wichtigsten Petrefakte der tertiären Periode sind aber die Säugethiere, deren Knochen theils in Schichtablagerungen, theils, und zwar in großer Menge, in den Knochenhöhlen gefunden werden. Elephanten, Nashörner, Hirsche, Schweine, Beutelthiere u. s. w., deren Reste zahlreich gefunden werden, erinneren alle daran, daß die tertiäre Epoche die nächstvergangene der jetzigen, jünger als die der Flötzformationen ist, und deuten, wie die Pflanzen, ebenfalls auf ein damals wärmeres Klima und von den gegenwärtigen zum Theil verschiedene äußere Zustände. Die in den tertiären Schichten vorkommenden Reste von Süßwasser- und Meeresthieren geben Abtheilungen hinsichtlich ihres Alters und ihrer Entstehungsweise. Wir sehen also, daß die niedrigsten Wurzelformen des Thierlebens zuerst, die entwickelteren erst später in's Dasein gerufen wurden, daß sich das Festland nur allmälig ausbildete, während dessen auf dem Grunde des Meeres immer neue Schichten niedergeschlagen wurden, und daß die Entfaltung der an das Land gebundenen Hälfte des Thierreichs damit Schritt gehalten. Der Geognost erhält schon hierdurch Hauptanhaltpunkte zur Bestimmung wenigstens der Hauptperioden der neptunischen Sedimentbildungen, noch bestimmter aber durch die Konchylienlehre, die ihm den eigentlichen Schlüssel zur Bestimmung der Altersreihe der verschiedenen Formationen in die Hand gibt. Den verschiedenen Familien, Geschlechtern und Arten der Konchylien kommen in ihrem Auftreten, in ihrer Ausdauer und in ihrem Aussterben ganz verschiedene Geschicke zu. Zahlreiche Formen sind sehr früh wieder abgetreten, wogegen andere, doch verhältnißmäßig wenige, mit zäher Ausdauer sich vom Anbeginn bis in die heutige Natur hinein erstrecken, wie die Geschlechter Nautilus, Terebratula, Infusorien und mehrere Korallen. Fast jedes Geschlecht mit seinen Arten verhält sich hierin wieder anders. So erscheinen die Ammoniten schon im Kohlengebirg, ziehen sich durch das ganze Flötzgebirge hindurch und brechen in der jüngsten Formation der sekundären Gebirge, der Kreide, völlig und plötzlich ab; dabei kommen aber gewisse Formen derselben nur in gewissen Schichten vor, treten überall mit der einen Schicht auf und nehmen mit einer anderen wieder Abschied. Auf diese Weise kommen jeder Formation und fast jedem einzelnen Gliede derselben theils ganz eigenthümliche Formen von Konchylien zu, theils wenigstens eine sehr charakterisirende Gruppirung der vorher und nachher auch existirenden. Nicht nur in denselben, sondern auch in verschiedenen Hauptabschnitten der Erdrinde wiederholen sich die Kalkstein-, Sandstein- und Thonschichten so einförmig, daß der Schluß von der Aehnlichkeit

im Gefüge zweier Gesteine auf ihre Gleichzeitigkeit ein sehr unsicherer ist; dagegen wird, und dieß sollte aus dem Bisherigen erhellen, die Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit der Schichten, das relative Alter der Formationen, der Parallelismus zweier geographisch getrennter Bildungen am zuverlässigsten bestimmt durch den Charakter der in ihnen begrabenen Thierreste. Gebirgsschichten, welche durch bestimmte Arten von Versteinerungen ausgezeichnet sind, bilden zusammen einen geognostischen Horizont, nach welchem sich der Geognost, wo er zweifelhaft bleibt, orientiren kann. Auf solcher Wichtigkeit eines Petrefakts beruht der Begriff von Leitmuschel, d. i. eines versteinerten Thieres, das, wo es auch angetroffen wird, das entschiedenste Zeugniß über die Formation ertheilt, zu welcher sein neptunisches Muttergestein gehört, sowie über die anderen organischen Reste, mit welchen es vergesellschaftet war; es erzählt die Geschichte des Landes, wo es gefunden wurde. Nicht also das Material der Schichten und Formationen gibt uns eine zuverlässige Entscheidung über deren Altersfolge; in viel höherem Grade geschieht dieß durch die organischen Einschlüsse, die vorzugsweise uns das Mittel verschaffen, die unabänderliche, überall stets gleich bleibende Reihenfolge der neptunischen Schichten, die durch spätere Verwerfungen stellenweise allerdings in eine abweichende Lage gebracht wurden, mit Sicherheit festzustellen. Diese überall gleichartige Wiederkehr in der Schichtenfolge ist es eben, welche die neptunischen Sedimente von den endogenen unterscheidet und ihnen den Namen der normalen gegeben hat. Dabei versteht es sich übrigens von selbst, daß bei den vielfachen, zu sehr verschiedenen Zeiten Statt gehabten Hebungen und Aufrichtungen der Erdrinde die Schichten an verschiedenen Orten in sehr veränderlicher Menge, nirgends die vollständige Reihe von den untersten bis zu den jüngsten angetroffen werde. (§. 123) *)

Noch in einer anderen Beziehung ist die antike Flora und Fauna wichtig, indem ihre ganze Physiognomie uns Aufschlüsse gibt, daß in früheren Epochen, und bis in eine verhältnißmäßig neue Zeit die Temperatur an der Erdoberfläche und alle klimatischen Verhältnisse von den heutigen bedeutend verschieden gewesen seien. Die Zonenunterschiede heutzutage sind bekanntlich die Wirkung von der schiefen Stellung der Erde zur Sonne und der Neigung der Rotationsachse gegen die Ebene der Erdbahn. Nun kommen aber die fossilen Pflanzen und Thiere erstlich in ihrem Charakter, in der frühesten Zeit durchaus, in der späteren vorherrschend, mit den Pflanzen und Thieren überein, die wir heutzutage zwischen den Wendekreisen finden, und zweitens sind die fossilen Geschöpfe hinsichtlich ihrer ganzen Konstitution in jeder geographischen Breite und Länge nicht merkbar von einander verschieden. Der

*) Im Obigen sind die geologischen Briefe, Burmeister und der Kosmos zu Hülfe gezogen worden.

Elephant, der gegenwärtig nur die alte Welt bewohnt, ist, wie seine Reste beweisen, die unter den verschiedenen Breiten der kalten und gemäßigten Zone aus den tertiären Formationen erhoben worden sind, in der alten und neuen Welt einheimisch gewesen, und überhaupt liefern die älteren Gebirge überall, in Grönland und Südamerika, in Sizilien, Ostindien, in Sibirien und auf dem Kap, analoge Versteinerungen. Daraus folgt nun, daß die gegenwärtige Abstufung der Klimate vom Aequator gegen die Pole, daß die klimatischen Unterschiede zwischen der alten und neuen Welt früher nicht bestanden haben, oder wenigstens um Vieles unmerklicher waren, daß endlich die Temperatur in früheren Zeiten allgemein eine höhere und das Klima selbst in der Nähe der Pole dem heutigen tropischen ähnlich gewesen sein müsse. Zur näheren Begründung des Gesagten mag weiter Folgendes dienen: In wahrhaft erstaunenswürdiger Menge liegt die uralte Vegetation der Erde eingeschlossen in dem Kohlengebirge, das zu den ältesten versteinerungshaltigen Sedimenten gehört. Die Gewächse dieser Formation, die zu den einfachsten gehören, bestehen aus lauter Formen, welche heute vorzugsweise und in starker Entwicklung nur in den heißesten und feuchtesten Erdstrichen vorkommen; es sind Palmen, Farren, Schachtelhalme (Equiseten) u. dgl. Farren und Equiseten zwar sind heutzutage auch in den gemäßigten Klimaten zu Hause, aber nur als niedrige, krautartige Gewächse, und nie als ansehnliche Bäume, wie unter den Tropen, im Steinkohlengebirg sind sie vollends zu riesenhaften Stämmen entwickelt, zum augenscheinlichen Beweise, daß zu ihrer Zeit das Klima viel heißer, viel brütender war, als gegenwärtig selbst unter den Tropen. Und diese Steinkohlen finden wir nicht nur in heißen oder gemäßigten Ländern, sie treten selbst auf Grönland, auf der Insel Melville auf, in Gegenden, wo der Sommer jetzt nur einige Wochen währt, überall zeigen die sie bildenden Pflanzen ein tropisches Ansehen. In den späteren Formationen vermannigfacht sich die alte Vegetation, indem zu jenen Formen des Kohlengebirgs nach und nach höhere und vielseitigere hinzutreten; ihr Charakter zeigt aber von der Pflanzenwelt der jetzigen Zeit eine bedeutende Verschiedenartigkeit, die sich auch in der späteren Vegetationsperiode bis zu den letzten Schichten der Kreide erhält. Anfänglich noch ganz tropisches Ansehen darbietend, kommen erst später Stellvertreter der heutigen Flora mittlerer Breite vor, die aber ebenfalls ein einst wärmeres Klima erkennen lassen. Erst die Torfmoore sind die Grabstätten von Pflanzen, die sich von den heutigen nicht mehr *wesentlich*, wol aber durch ihre Mächtigkeit unterscheiden, indem z. B. in einem Torfmoore des nördlichen Frankreich Eichen von 14 Fuß Durchmesser entdeckt wurden. Sehen wir auf die fossile Thierwelt, so begegnen wir überall einer Erscheinung, die unstreitig ihre Erklärung nur in einer einstigen viel höheren und gleichförmigeren Temperatur hat, der nämlich, daß die Natur alle Thierformen nach einem viel größeren

Maßstabe baute, als sie es jetzt thut. Hinsichtlich der fossilen Thiere der ältesten und späteren Zeit ist es ein durchgreifender Zug, daß die Bewohner der ältesten Meere in allen Breiten, wo man sie auch immer aus den Schooße der Erde erheben mag, die gleichen sind, und sich von den heutigen, selbst von denen der wärmsten Meere, wesentlich unterscheiden, doch den letzteren am nächsten stehen. Nur eine außerordentliche Hitze vermochte die riesenhaften Reptilien selbst der späteren Flötzformationen in mittleren Zonen auszubrüten. Bis in die neuesten Flötze kommen Schaltthiere, wie sie jetzt dem betreffenden Striche zukommen, mit solchen vielfach gemischt vor, die gegenwärtig wärmeren Meeren angehören, und in den tertiären Formationen treten uns dann auf einmal edlere Formen, eine ganze Welt von Säugethieren, entgegen, zum Theil gewaltige Geschöpfe, deren Geschlechter mit solchen vermischt sind, die sich jetzt über viele oder alle Klimate erstrecken, wie Bären, Pferde, Ochsen, Hirschen, Hunde, Katzen u. s. w. So führt also die Musterung der fossilen Thierwelt in Beziehung auf die alte Temperatur der Erde zu demselben Ergebniß, wie diejenige der antiken Vegetation. Man hat diese große Erscheinung verschiedentlich zu erklären versucht, was aber als die wahre Ursache derselben zu betrachten sei, bleibt dem letzten Abschnitte dieses Buches vorbehalten.

Metamorphisirte Gesteine.

§. 129. Den aus mannigfaltigen und unter sich gemischten Silikaten gebildeten, auf feurigem Wege erzeugten Eruptionsmassen haben wir nicht nur die zu verschiedenen Zeiten erfolgten Verrückungen und Hebungen sämmtlicher Flötzgebilde, jede sichtbare Unordnung oder Störung auf der Erdoberfläche, deren Spuren man in unendlicher Anzahl wahrnimmt, zuzuschreiben; sondern auch Veränderungen anderer Art, die, schon früher kurz angedeutet, hier eine nähere Betrachtung verlangen. In den Reibungskonglomeraten (§. 126) lernten wir mechanische Einwirkungen endogener Gesteine auf andere derselben Art, oder auf neptunische Sedimentgesteine kennen; von allgemeinerem und größerem Interesse ist die formelle und materielle Veränderung, die Umwandlung, Metamorphose, welche verschiedene Felsarten durch physikalische und chemische Einwirkungen der endogenen Gesteinmassen, der Granite, Porphyre, Melaphyre, erlitten haben. Der dabei Statt gehabte, zum Theil noch problematische und dunkle Prozeß bildet die dritte Klasse der geognostischen Entstehungsformen, die metamorphisirten Gesteine.

Die Thatsachen, welche der Metamorphismus der Gesteine darbietet, gehören unstreitig zu den außerordentlicheren in der Geognosie, es sind Veränderungen, die in der großen unterirdischen Werkstätte der Natur an Ge-

steinarten vor sich gegangen sind, die meist unbestritten einen neptunischen Ursprung haben, an erdigen und dichten Kalksteinen, an Thonen, Sand u. s. w., und diese Veränderungen wurden bewirkt theils durch den Kontakt neptunischer mit endogenen Gesteinen, theils durch andere mit den letzteren zugleich emporgestiegenen Substanzen, so daß auf solche Weise neue Felsarten entstanden und dadurch sonst unscheinbare Gesteine, nach ihrer Umwandlung, in einem neuen, oft glänzenden Gewande manchmal schwer mehr zu erkennen sind. Die Nähe oder Berührung des Eruptionsgesteins, das Durchdrungenwerden von dasselbe begleitenden dampfförmigen Stoffen bringt im Nebengestein Modifikationen der Erhärtung, der Verkieselung, des Körnigwerdens, der Krystallbildung hervor, und es ist nicht zu bezweifeln, daß in dieser Hinsicht verschiedenartige Eruptionsgesteine auch verschieden gewirkt haben. „Wie dieselbe endogene Gebirgsart, sagt Humboldt, fast überall dieselbe Art der Thätigkeit übt, so zeigen dagegen verschiedene Gebirgsarten, derselben Klasse der endogenen oder Eruptionsgebilde zugehörig, einen sehr verschiedenen Charakter. Intensive Wärme hat allerdings in allen diesen Erscheinungen gewirkt; aber die Grade der Flüssigkeit (vollkommener Verschiebbarkeit der Theile oder zäheren Zusammenhangs) sind im Granit und im Basalt sehr ungleich gewesen; ja in verschiedenen geologischen Epochen (Phasen der Umwandlungen der Erdrinde) sind auch gleichzeitig mit dem Ausbruch von Granit, Basalt, Grünsteinporphyr oder Serpentin andere und andere im Dampf aufgelöste Stoffe aus dem eröffneten Inneren aufgestiegen.“ Dabei ist wol zu beachten, daß, wie bei den endogenen Massen, so auch bei den Umwandlungen, dasselbe Material die verschiedenartigsten Bildungen liefert. Unter starkem Druck geschmolzene kohlensaure Kalkerde verliert ihre Kohlensäure nicht und krystallisirt, nach Erkaltung der Masse, zu salinischem Marmor (körnigem Kalkstein), und auf nassem Wege und geringerem Wärmegrad zu Kalkspath, bei größerer Wärme zu Aragonit. Wärme kann in krystallisirten Körpern entgegengesetzte Wirkungen gleichzeitig hervorrufen, indem z. B. der Kalkspath, ohne Aenderung seines Aggregatzustandes, sich in Einer Achsenrichtung ausdehnt, in einer anderen zusammenzieht. Ebenfalls Wärme ist es, welche das fasrige Gewebe des Eisens in körniges verwandelt, eine Wirkung, die, wie Humboldt glaubt, selbst durch sehr kleine, aber gleichmäßig und länger fortgesetzte Erschütterungen hervorgebracht werden kann. Nach den Temperaturverschiedenheiten ordnen sich die festwerdenden Theile anders und anders zur Krystallbildung an einander und ändert sich selbst die Form der Krystalle. Es ist uns bekannt, wie dasselbe mineralische Material eine verschiedene Textur annimmt, je nachdem es schneller oder langsamer abgekühlt wird. Hitzgrade reichen aber für sich allein noch nicht aus; mineralische Körper erleiden Veränderungen auch durch in Dampf aufgelöste Stoffe, wie z. B. durch Schwefelsäure, die sich häufig bei vulkanischen Er-

scheinungen bildet, und Versuche mit dem Löthroth haben erwiesen, daß die Kieselerde, die Magnesia und der Kalk flüchtige Oxyde sind, die erstere nach, die andere vor der Schmelzung. Das Eindringen solcher flüchtiger Substanzen läßt sich vielleicht vergleichen mit dem Eindringen der Kohlentheilchen in Eisen bei dessen Verwandlung in Stahl, eine Erscheinung, die sich nicht allein da äußert, wo das Eisen mit den Kohlentheilchen in unmittelbare Berührung kommt, sondern sich fernerhin im Inneren des Eisens fortsetzt und sogar von einiger Entfernung aus Statt findet; ja man hat beobachtet, daß der Kohlenstoff den Weg zum Eisen selbst durch Porzellanröhren gefunden hat. Erscheinungen, wie die angeführten, scheinen geeignet zu sein, das Dunkel, welches noch auf dem geologischen Prozesse der Metamorphose ruht, zu erhellen.

Als Gebilde des Metamorphismus betrachtet man erstlich die krystallinischen Schiefer, welche mit ihrer plutonischen Grundlage in den mannigfachsten Verhältnissen wechsellagern. Sie bilden in den Zentralalpen, im Erzgebirge, im mährischen Gebirge, Böhmerwald, in Skandinavien und, in vielleicht noch größerer Ausdehnung, in Brasilien bis in unbekannte Tiefen größtentheils den Erdboden, indem sie theils zu Tage ausgehen, theils von jüngeren Gebirgen bedeckt sind; auch wo in anderen Ländern der Boden von gewöhnlichen Kalksteinen, Flyschschiefern oder Sandsteinen bedeckt ist, steigen sie in großer Erstreckung am Rande dieser Formationen auf, so daß man sie in deren Grundlage vermuthen darf. Die Mächtigkeit derselben ist sehr groß, häufig mehrere tausend Fuß in Ablagerungen, in den Alpen 11000 F. in Gipfelerhebung. Gewöhnlich ragen sie, durch plutonische Massen aus ihrer ursprünglichen Lage aufgerichtet, über die jüngeren Gebirgsbildungen empor. Die Formen der Schiefer sind mannigfach. Bei geringer Höhe der Massen erscheinen die Umrisse sanft, die Berge sind stark verflächt, die Berggipfel gerundet und die Thäler flach. Große und zusammenhängende Glimmerschiefer- und Gneismassen pflegen, wenn sie keine beträchtliche Höhe erreichen, Plateaus und Bergebenen zusammenzusetzen, über welchen einzelne Hügel emporsteigen. Ganz anders ist die Physiognomie dieser Gebirge, wenn die Schiefermassen eine ansehnliche Höhe erreichen. Es erheben sich dann hohe Rücken mit steilem Abfall, und wenn auch die herrschende Bergform noch gerundet bleibt, so erscheinen doch zuweilen schon schärfere Kämme und tief eingeschnittene Thäler. Spalten, welche Granite und Porphyre im Schiefergebirg gerissen, erscheinen als enge, rauhe, von hohen steilen Felsenmauern eingeschlossene Querthäler, für die anliegenden Landschaften wahre Gebirgspässe. In den Alpen sind die Formen häufig wild und rauh, und an den Abfällen bilden die parallel fortlaufenden Köpfe der härteren Schichten schauerliche Felsentreppen; doch zeigen die Gneismassen schärfere und rauhere Umrisse, als die des Glimmerschiefers.

Ihrem materiellen Gehalte nach lassen sich die mannigfaltigen krystallinischen Schiefer zur leichteren Uebersicht in 3 Hauptgruppen bringen, in Feldspath-, Glimmer- und Talkschiefer *). Unter den Feldspathschiefern kömmt am häufigsten der Gneis vor, der sich vom Granit nur durch seine schiefrig körnige, oder flasrige Struktur unterscheidet. Wird der Glimmer, was öfters der Fall ist, vorherrschend, so ist die Steinart schwer von Glimmerschiefer zu unterscheiden. Tritt an die Stelle von Glimmer Talk oder Chlorit, so erhält man einen Gneis-Granit, der Protogyn heißt; verschwindet der Glimmer oder Talk größtentheils, so heißt das körnige oder stark verwachsene Gemenge von Feldspath und Quarz Eurit, der Weißstein (Granulit) genannt worden ist, wenn der Quarz mit dichtem Feldspath oder Feldstein innig verschmolzen ist, Hornfels, Hornschiefer, wenn der Quarz vorherrscht. Sehr ausgedehnte Gneisgebirge verbreiten sich über das mittlere Tessin; die Zentralmassen des Montblanc bestehen aus Protogyn, und die der Berneralpen, des Gotthard, der Tyroler-, Salzburger- und Steyermärker-Alpen aus Gneis; große Gebirgsmassen, besonders Weißstein, bilden den Böhmerwald, das mährische Gebirge und das nördliche Erzgebirg. — Nächst dem Gneis ist die gewöhnlichste, in großer Mächtigkeit und Ausdehnung auftretende Form der krystallinischen Schiefer der Glimmerschiefer, ein krystallinisch schiefriges Gemenge von Glimmer und Quarz, aus welchem durch Zurücktreten des Glimmers der Quarzfels und Quarzschiefer hervorgeht. In naher Verbindung mit Glimmerschiefer, ihn oft beinahe verdrängend, kommt Hornblendeschiefer vor, ein Gemenge von kurzstrahliger schwarzer, oder grüner Hornblende mit schwarzem oder braunem Glimmer. Der Glimmerschiefer bildet sehr ausgedehnte Gebirgszüge oder Hügelgegenden, in den südlichen Theilen von Tessin, im oberen Innthal und Salzathal, in den Sudeten, dem Erzgebirg, besonders in Skandinavien und dem westlichen Schottland. In Schlesien, im nordwestlichen Schottland und nördlich vom Langensee erscheint in bedeutender Mächtigkeit Hornblendschiefer. — Der Talkschiefer, häufig grau oder gräulich grün, oder von anderen Farben, besteht aus stark verwachsenen Talkblättern, mit beigemengten Quarz- und Feldspathkörnern. Ein aufbrausendes, schiefriges Gemenge von glänzendem, grauem, schwarzem oder grünem Talk, feinkörnigem Quarz und krystallinischem weißem Kalk ist der Talkflysch, nicht zu verwechseln mit dem gewöhnlichen Flysch. Theils selbstständig, theils mit Talkflysch oder Talkschiefer verbunden, kommt der Chloritschiefer vor, berggrün, bis schwärzlich grün, schuppig körnig, fein und verwachsen, blätt-

*) In obiger mineralogischer Charakteristik der krystallinischen Schiefer bin ich wesentlich Studer gefolgt.

rig bis dicht. Verliert er durch das Verwachsen seiner Blättchen seine Spaltbarkeit, so daß er dickere Lager bildet, so heißt er Topfstein, Lavezstein, und wird in Tessin und Bündten vielfach zu Oefen, Töpfen und anderem Geschirr gebrochen. In inniger Verbindung mit Chloritschiefer kommt auch Serpentin und Serpentinschiefer vor, ein dichter, oder feinkörniger Serpentin, spaltbar in dünnen Blättern oder Tafeln. In einem großen Theile von Brasilien ist die herrschende Steinart der Itakolumit, ein sehr quarzreicher Talk- oder Chloritschiefer ohne Kalk, der bisweilen, seines lockeren Gefüges wegen, eine gewisse Biegsamkeit zeigt, und deßhalb auch Gelenkquarz genannt wurde. Er bildet rauhe, felsige Bergreihen und hohe Gipfel, und ist neuerdings als Muttergestein des Diamantes erkannt worden, obgleich, nach Anderen, ein mit dieser Steinart verwachsener Diamant eine bis jetzt beispiellose Erscheinung sein soll. Auch der Eisenglimmerschiefer gehört hieher, ein körnig schiefriges Gemenge von vorwaltendem Eisenglimmer und Quarz, meist locker verbunden und leicht zerfallend. Der Talkschiefer bildet das Grundgebirge in mehreren Theilen von Italien; in großer Mächtigkeit und Mannigfaltigkeit tritt er auf in den südlichen Alpen von Wallis, Tessin, Veltlin und weiter östlich. Chloritschiefer findet sich in beträchtlicher Ausdehnung in der Umgebung des Monte Rosa, im südlichen Oberhalbstein (Bündten), bei Klefen und anderwärts. In denselben Gegenden verbindet sich mit ihm Topfstein und Serpentinschiefer.

In innige Beziehung zu diesen krystallinischen Schiefern tritt der Urthonschiefer, von ausgezeichnet schiefriger Struktur, vorherrschend aus Kieselerde und Thonerde, und mehr oder weniger zersetzten Feldspathpartikeln bestehend, mit grauer, rother, brauner, grüner und schwarzer Farbe. Der gewöhnliche Thon hat dieselben Bestandtheile, wird aber im Wasser plastisch, d. i. weich. Wird die Thonschiefermasse stark von Kohle durchdrungen, so nimmt er eine dunkel gräulichschwarze oder sammetschwarze Farbe an, besitzt dann häufig eine ausgezeichnet dünnschiefrige und gradschiefrige Struktur, die ihn zur Bedachung tauglich macht, weßhalb er auch Dachschiefer heißt (Bern, Glarus). Treten zur Thonschiefermasse Glimmerblättchen und Quarzkörner, so wird er durch erstere glimmeriger, durch letztere quarziger Thonschiefer.

Bei sehr vielen der gegenwärtigen Geologen hat sich nun in Betreff der krystallinischen Schiefer die Ansicht Geltung verschafft, daß dieselben in die Klasse der metamorphisirten Gesteine zu zählen seien. Wenn nämlich auf der einen Seite die Lage und Gestalt ihrer wechselnden Schichten auffallend an die successiven Niederschläge großer Wassermassen erinneren, um so mehr, als sie mit versteinerungshaltigen Lagern von Kalk und Thonschiefer abwechseln; so nöthigen auf der anderen Seite die Hauptbestandtheile derselben, Feld-

spath, Glimmer, Talk, Hornblende, welche nicht als Produkte wässeriger Niederschläge, sondern nach §. 126 nur als Erzeugnisse feuriger Schmelzung betrachtet werden können, ferner ihre vorwaltend krystallinische Bildung und der Umstand, daß sie immer nur in der Nähe plutonischer Massengesteine gefunden werden, von denen sie gerade durch ihr enges Anschließen an sie eine merkwürdige Abhängigkeit beurkunden, zu der Annahme einer Bildung auf feurigem Wege, oder vielmehr, daß die neptunischen Niederschläge, denen der lagerartige Wechsel ihrer Schichten ursprünglich sein Dasein verdankt, durch spätere Einwirkung endogener Massen wesentlich verändert worden sei, eine Veränderung, der die Chemie nicht widerstreitet. Die künstliche Erzeugung von Feldspath und Glimmer ist in dieser Beziehung von großer geognostischer Wichtigkeit; sie lehrt uns, daß der neptunische, mechanisch gebildete Thonschiefer, der die im Mineralreich gewöhnlicher vorkommenden Erden, überhaupt die Bestandtheile des Granits, Kali nicht ausgeschlossen, enthält, durch Schmelzung in krystallinische Theile umgewandelt werden, und, je nach seiner Zusammensetzung, in Gneis, Glimmerschiefer oder Talkschiefer übergehen kann, indem sich seine Bestandtheile, nach den Gesetzen chemischer Affinität, gerade so zu krystallinischen Verbindungen zusammensetzen, wie es die Bestandtheile der Schlacken bei den verschiedenen Schmelzungen thun. Dabei können dann ein starker Druck, Einwirkung von Dämpfen, Einfluß von Wasser, das sich selbst beim uralten Klima der Erde unter gewaltigem atmosphärischem Drucke aus den Wasserdünsten verdichtete, die mannigfaltigsten Modifikationen der Bildungen herbeigeführt haben. Die wichtigsten hieher gehörigen Beobachtungen sind in Kurzem folgende. In der Eifel ist die Umwandlung des Thonschiefers in Glimmer beobachtet worden. Dem Gneis folgt ferner häufig der Glimmerschiefer, in den er verläuft, und diesem nicht selten der Urthonschiefer. Der Uebergang der beiden letzteren ist so allmälig, daß sich zwischen ihnen keine Grenze ziehen läßt, was auf gleichzeitige und gleichartige Bildung schließen läßt. Aber der Urthonschiefer geht wieder sanft in petrefaktenführenden Thonschiefer über, gegen dessen neptunische Abkunft gar kein Zweifel obwaltet. Dieß dringt den Schluß auf, daß die Bestandtheile des Thonschiefers durch einen feurigen Umwandlungsprozeß in Quarz und Glimmer verwandelt, das neptunische Gestein, der Thonschiefer, somit in Urthonschiefer und dieser in Glimmerschiefer umgewandelt wurde. Auf ähnliche Weise konnte sich durch Hinzutreten von Feldspath Gneis bilden. Andere beobachtete Umwandlungen des Thonschiefers sind die in Wetzschiefer und Kieselschiefer, wenn er durch Eindringen von Kieselsäure von Quarztrümmern durchsetzt wird. Die Verkieselung wird so groß, daß sich der Thonschiefer im Ural durch Berührung und Ausbruch des Augit- und Dioritporphyrs, in Toskana durch Kontakt mit Euphotid und Serpentin in den als Kunstmaterial benutzten Bandjaspis verwandelt hat. Anders

als Porphyr wirkt auf den Thonschiefer der Granit ein, indem nach den Beobachtungen Humboldts im Altai durch die Berührung desselben der Thonschiefer körnig wird und in eine granitähnliche Masse übergeht. Verwandt mit dem Thonschiefer, der nur als Ausnahme kohlensaure Kalkerde enthält, ist der in den Gebirgen des südlichen Europas vorkommende Flysch, ein in der Regel aufbrausender Schiefer, hellgrau bis schwarz, mürbe bis sehr fest, bald aus fast reiner kohlensaurer Kalkerde bestehend, bald von eigentlichem Thonschiefer kaum verschieden, bald auch durch Aufnahme von Quarzkörnern in festen Sandstein übergehend. An den gemeinen Flysch schließt sich der Talkflysch an, ein aufbrausendes schiefriges Gemenge von Talk, feinkörnigem Quarz und krystallinischem weißem Kalk. Eine andere Thonschieferart ist der Schalstein oder Spilit (die hieher gehörigen Gesteine nennt Studer in seiner Beschreibung von Mittelbündten grüne Schiefer), ein deutlich oder verwachsen schiefriges, geschichtetes oder massiges Gemenge von Thonschiefermasse, Kalk und Chlorit. Zwischen diesen drei zuletzt genannten Thonschieferarten scheint nun ein ähnliches Verhalten obzuwalten, wie zwischen dem Thonschiefer, Urthonschiefer und den krystallinischen Schiefern. In Bündten kommt der von Studer bezeichnete grüne Schiefer in enger Verbindung vor mit Flysch, Serpentin und Diorit, und dieß ist es eben, was an eine Umwandlung des ersten Gesteins durch den Kontakt der zwei anderen endogenen Massen erinnert. — Die Gleichartigkeit der Bestandtheile der Thonschiefer mit denen der krystallinischen Schiefer und des Granits, der Umstand, daß die genannten Metamorphosen alle in der Nähe der offenbar auf feurigem Wege entstandenen Gesteine sich mehr und mehr aussprechen, berechtigt also zu dem Schlusse, sie überhaupt dem Einfluß der letzteren zuzuschreiben, um so mehr, da sich, wie schon bemerkt, der Möglichkeit solcher Umwandlungen von chemischer Seite keine Schwierigkeiten entgegenstellen. Aber freilich nicht alle Geologen theilen diese Ansicht, und die wichtigsten Einwürfe, die sie dagegen erheben, dürfen hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden. Das erste Bedenken entlehnen die Gegner dieser Metamorphose von der Mächtigkeit der krystallinischen Schiefer; eine so weit greifende Umwandlung, entgegnen sie, selbst durch flüssigen Granit müsse auch für die lebhafteste Einbildungskraft etwas Widerstreitendes enthalten, weßhalb es gerathener erscheine, die wirklich krystallisirten Schiefer für ursprünglich plutonische Gebilde zu nehmen, und ihre scheinbar so räthselhafte schiefrige Struktur aus gewissen Beunruhigungen abzuleiten, welche der Krystallisationsprozeß z. B. durch die Achsendrehung u. a. erfahren habe. Noch weiter zurück greift ein anderes Bedenken. Waren nämlich, wird ferner eingewendet, die krystallinischen Schiefer ursprünglich neptunische Niederschläge, so erforderte ihre Metamorphose eine Erhitzung durch endogene Gesteine selbst bis zum Schmelzpunkte; dieß setzt voraus, daß die letzteren selbst

feurig-flüssig gewesen seien, um die Bestandtheile der Schiefer, deren Schmelzpunkt dem der Eruptionsgesteine gleich kommt, in Fluß zu bringen. Waren aber endogene Gesteinmasse, z. B. Granit, selbst flüssig, so konnten sie nicht verwittern. Woher nahm dann aber die Natur das Material zu den wässerigen Niederschlägen der später metamorphisirten Schiefer? Offenbar konnte sie es nur von verwitterten endogenen Gesteinen, von Graniten u. s. w. erhalten, die in diesem Falle, wenigstens in ihren obersten Lagen, nicht mehr diejenige Temperatur besitzen konnten, welche die Bestandtheile unserer Schiefer zu schmelzen, dieselben also auch nicht umzuwandeln vermochte. Man sieht leicht, daß die Vertheidiger und die Gegner des hier besprochenen Metamorphismus von einem ganz verschiedenen Gesichtspunkte ausgehen, indem den ersteren die krystallinischen Schiefer Umwandlungen der Thonschiefer, und, wie wir unten sehen werden, der schiefrigen Grauwacke, den letzteren unmittelbare Gebilde aus den verwitterten Bestandtheilen endogener, plutonischer Massen sind. Burmeister, der auf der Seite der Gegner steht, gibt indeß zu, daß neptunische Agenten einigen Antheil an manchen krystallinischen Schiefern gehabt haben mögen, namentlich an dem wasserhaltigen Chloritschiefer, daß sehr viele Glimmerschiefer und wahrscheinlich alle Thonschiefer neptunischen Ursprungs seien, daß der Glimmer durch die Verwitterung nicht zersetzt wurde, sondern nur der Feldspath, und daß aus diesem Grunde krystallinische Glimmer in erdigen Sedimenten enthalten sein können, nämlich im Glimmerschiefer Kieselerde mit vielem Glimmer, im Urthonschiefer Thonerde mit etwas Glimmer; den Gneis dagegen will Burmeister nicht als metamorphisches Gestein gelten lassen. Mir scheint jedoch, daß alle diese schiefrigen Felsarten, welche Unterschiede sie auch darbieten mögen, nur Modifikationen oder Metamorphosen eines und desselben Ganzen seien, das je nach Umständen in Talkschiefer, oder Glimmerschiefer, oder Gneis übergegangen ist, sie scheinen mir, wie die nachfolgenden Umwandlungen, die Einwirkung endogener Massen auf Sedimentschichten der ältesten Meere zu verkündigen. Die analogen Kontaktverhältnisse zwischen neptunischen und vulkanischen Gebirgsarten sprechen dem Metamorphismus der Schiefer das Wort, dem überdieß noch eine kräftige Unterstützung zu Statten kommt durch die höchst interessante Entdeckung des Vorkommens von versteinerten Belemniten in Val Brejetto am Gotthard und in Frankreich in einem Thonschiefer, der schon auf Glimmerschiefer Anspruch machen kann.

Größer ist die Uebereinstimmung der Ansichten über den plutonischen Metamorphismus der Kalksteine, als der Thonschiefer. Zu den metamorphischen Kalksteinen gehört zuvörderst der körnige (salinische) Marmor, ein vielfach angewandtes Kunstmaterial. Er tritt entweder selbstständig in großen Massen auf, oder enge verbunden, mit gewöhnlichem versteinerungshaltigem Kalkstein, oft auch mit krystallinischen Schiefern. Der salinische

Marmor ist durch Erdwärme und der Nähe eines heißen Eruptionsgesteins verändert worden; bald sind aber nur die der Berührung nahen Massentheile des dichten Kalksteins in salinischen Marmor verwandelt, bald haben alle Schichten desselben durch Einwirkung von Granit, Syenit, oder Dioritporphyr eine solche Umwandlung erfahren. Der parische oder carrarische Marmor, der seit Jahrhunderten den Stoff zu den edelsten Werken der Bildhauerkunst geliefert hat, ist solch metamorphisirter Kalkstein. Der in Griechenland dem Glimmerschiefer aufgelagerte Marmor soll um so schöner und krystallinischer sein, als sich der Glimmerschiefer ausgezeichnet reiner, d. i. minder thonhaltig zeige. Dort wirkte also der Granit durch eine Zwischenschicht von Glimmerschiefer auf den Kalkstein ein. Der carrarische Marmor ist eine Umwandlung des Kreidesandsteins (macigno), der anderwärts im Apennin zwischen gneisartigem Glimmer- und Talkschiefer auftritt. In mächtigen Gebirgsmassen erscheint der körnige Marmor unter anderem im Ferrerathal in Bündten, wo er bei Canicul mit Eisenglimmer gemengt ist. — Wird der kohlensaure Kalk nicht nur von Hitze, sondern auch von in Dampf verwandelten Stoffen durchdrungen, so wird die Umwandlung noch bedeutender. Drangen in der Urzeit vulkanisch ausgebrochene schwefelsaure Dämpfe, allein oder mit Wasserdämpfen gemischt, in den kohlensauren Kalk ein, so erweichten sie ihn, vertrieben die Kohlensäure, und nöthigten ihn zu einer Verbindung mit Schwefelsäure. Die Verbindung heißt Anhydrit, wenn die Verbindung wasserfrei ist, Gyps dagegen, wenn an dieser Verbindung die Wasserdämpfe Theil genommen. Ist der Anhydrit in großen Massen, als anstehender Fels, der Atmosphäre ausgesetzt, so läßt das Gestein durch kleine Risse das Wasser eindringen, welches sich mit ihm zu epigenirtem Gyps verbindet. Studer glaubt daher, daß in den Alpen alle Gypsmassen nur oberflächliche, öfters zwar bis 100 Fuß mächtige Schalen von Anhydritmassen seien. Der metamorphische Gyps ist oft stratifizirt, oft auch ohne Spur von Schichtung; regelmäßig stratifizirte Gypsmassen, die zwischen anderen neptunischen Schichten liegen, müssen als ursprüngliche Bildungen aus dem Wasser betrachtet werden. — Die merkwürdigste Umwandlung des Kalksteins durch massiges Eruptionsgestein bieten die Dolomitmassen an. Der Dolomit ist ein inniges Gemenge von kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Talkerde, klein-, auch sehr fein-, seltener grobkörnig, oft krystallinisch, so daß die ganze Masse als Haufwerk kleiner Krystalle erscheint, und dabei oft voller drusenartiger Räume und kleiner Höhlungen ist, die mit Rhomboedern von Bitterspath ausgekleidet sind. Alsdann ist das ganze Gebilde ohne Schichtung und ohne Spur von Versteinerungen, die es vorher enthielt. Der Dolomit tritt in allen neptunischen Kalken auf, in großer Mächtigkeit im südlichen Tyrol und auf dem italienischen Abfall der Alpenkette, kommt dort aber nur da vor, wo der Melaphyr

auftritt, von dem er in unverkennbarer Abhängigkeit steht, und man darf annehmen, daß, wo in den Alpen Dolomit auftritt, ohne daß der augitische Porphyr sichtbar wird, dieser dennoch das hebende und umwandelnde Prinzip war, welches die chemische Mischungs- und Krystallveränderung des dichten Kalksteins verursachte und denselben aus den Lagern des übrigen Kalksteins emportrieb. Im südlichen Tyrol, im Fassathal, ist dieser, öfters muschelführende Kalkstein in der Nähe des Melaphyr vielfach zerspalten, die Schichtung verschwindet, die Versteinerungen sind meistens zerstört, die Farbe wird licht, weiß, das Gefüge körnig, und die Gesteinmasse besitzt eine Menge äußerst kleiner, mit Bitterspathrhomboedern ausgekleideter Höhlungen. Die Talkerde des Dolomits scheint dem Kalkstein, aus dem er sich umgewandelt, nicht aus dem Melaphyr mitgetheilt worden zu sein, die Dolomitisirung ist vielmehr zu betrachten als eine gleichzeitige, das Hervortreten dieses Ausbruchsgesteins auf weiten dampferfüllten Spalten begleitende Veränderung. Die in großer Zahl neben einander stehenden, sich nicht berührenden, kühn zugespitzten Kegelberge, die anderwärts domartig aufgethürmten Massen des Dolomits, die merkwürdige Abweichung seines Gefüges, setzen nothwendig theils hebende endogene Massen, theils heiße Dämpfe voraus, welche sich durch die neptunischen Schichten einen Weg bahnten und sie in eine poröse, aufgetriebene Masse verwandelten. Die bestrittene Annahme, daß Talkerde in Dampfform durch den kohlensauren Kalk emporgestiegen sei, scheint dadurch gerechtfertigt zu werden, daß in den wenigen organischen Ueberresten, denen man in diesen modifizirten Kalksteinen begegnet, sich selbst die harte Schale von Muscheln von Talkerde durchdrungen findet, die allen Muscheln fremd ist, wo Kalksedimente keine Umwandlung erlitten haben. Das poröse, wie zerfressen erscheinende Ansehen des Dolomits hat im Mannsfeldischen zu der Benennung **Rauhwacke** Veranlassung gegeben.

Betrachten wir endlich die Einwirkung von Auswurfsgesteinen auf **quarzige Gebilde**, so begegnen wir auch hier verschiedenartigen Umwandlungen. Die Grauwacke, welche im Schichtensystem auf die krystallinischen Schiefer folgt, ist ein aus Körnern verschiedenartiger Quarze bestehender Sandstein, dessen Bindemittel aus Feldspath und Quarz besteht, und welcher schiefrige Struktur zeigt, wenn ihm Glimmerblättchen beigemengt sind (Grauwackeschiefer). Wo dieser Schiefer mit Granit, oder einem anderen Auswurfsgestein in Berührung kommt, sieht man, wie z. B. in den **Vogesen**, denselben iu Glimmerschiefer, und diesen in **Gneis**, welcher selbst allmälig granitisch wird, übergehen. In der Nähe des aus Granit bestehenden **Harzes** geht der Grauwackeschiefer allmälig in Hornfels über, der ein inniges, dichtes Gemenge von Quarz und Feldstein ist. Man sieht im Inneren einiger Hornfelsmassen sogar noch unversehrte Stücke von Grauwackeschiefer. Wo Porphyre verschiedene Sandsteine durchsetzt haben, wird

die sandige Substanz allmälig härter, erhält eine größere Festigkeit und schließt sich endlich auf eine solche Weise an den Porphyr an, daß man nicht weiß, wo das eine Gestein anfängt und das andere aufhört. In den Anden von Südamerika finden sich 7 — 8000 Fuß hohe Quarzmassen, die bald auf quarzlosem Porphyr, bald auf Dioritgestein ruhen; ihre Entstehung ist räthselhaft, vielleicht daß sie aus Sandstein umgewandelt wurden, wie dieß von Quarzschichten am Col de la Poissoniere, östlich von Briançon, vermuthet wird. Sandsteinmassen, welche mit Basalten in Berührung kommen, und von Basalten eingeschlossene Sandsteintrümmer, zeigen oft sehr interessante formelle Umwandlungen; sie erscheinen in die zierlichsten Säulen abgesondert, die offenbar nur Folge der Glühung sein können, da man eine übereinstimmende Thatsache auch in Hochöfen trifft, in denen sich Sandsteine säulenförmig absondern.

Bevor wir zu den Konglomeraten übergehen, ist hier in Kurzem auch noch der Thatsache zu gedenken, daß endogene Gesteine selbst verändert werden und den Charakter neptunischer Sedimente annehmen können. Wenn wir sehen, daß Laven von feinkörnig-krystallinischer Grundmasse, ganz erfüllt mit glänzenden Feldspathkrystallen, durch aufgestiegene und sie durchdringende schwefelsaure Dämpfe erdig werden, verbleichen und jede Spur von Feldspathkrystallen verlieren; so ist nicht zu bezweifeln, daß das erdige Aussehen so mancher plutonischer Gebirgsmassen ähnlichen Einflüssen zuzuschreiben sei; denn gleichzeitig mit dem Emporsteigen plutonischer Massen aus weiten Spalten, oder später, konnten säurenhaltige Dämpfe emporsteigen, die sich bildenden oder schon gebildeten Gesteine durchdringen und dadurch Aenderungen in ihrer Massenbeschaffenheit hervorbringen.

Konglomerate.

§. 130. Die vierte Klasse der Entstehungsformen der Gesteine bilden die **Trümmergesteine**, **Konglomerate** oder **Breccien**. Der deutsche Name erinnert an die Zerstörungen, welche die Oberfläche der Erde zu verschiedenen Zeiten erlitten, aber auch an die Verbindung des Zertrümmerten durch irgend ein zusammenhaltendes Cement. Die Bruchstücke sind eckige oder abgerundete Trümmer verschiedener Mineralien, einfacher oder gemengter Gesteine, bestehen aus Körnern, Blättchen oder Geschieben, und werden durch ein einfaches oder gemengtes Bindemittel zusammengehalten, das entweder verschieden ist von den Trümmern, oder aus den zerkleinten Theilen derselben besteht. Die Trümmergesteine sind auf eine doppelte Weise entstanden: entweder durch bewegtes süßes Wasser, oder die Fluthen des Meeres, oder durch endogene Gesteine, welche, indem sie durch zersprungenes

Gestein emporDrangen, deren Fragmente zu Konglomeraten zusammengebacken haben. Trümmergesteine der letzteren Entstehungsweise sind uns aus §. 126 unter dem Namen der Reibungskonglomerate bekannt. Es gehören dahin die Augitkonglomerate (eckige Augitstücke, durch eine weißliche Kalkmasse verkittet), Basaltkonglomerate (eckige und abgerundete Stücke von Basalten, Doleriten, augitischem Eisenthon- und augitischem Thonschiefer, verkittet durch eine Masse eines oder einiger der genannten Gesteine), Trachytkonglomerate (meist eckige Bruchstücke von Trachyten, durch eine erdige, wenig kohärente Masse zertrümmerten Trachyts verbunden), Peperin (eckige Dolomitstücke mit eckigen oder abgerundeten Stücken von Basalt und Dolerit, verkittet durch eine weiche, erdige, meist glimmerreiche Masse), Granitkonglomerate (Granitgrus und unaufgelöste Granitstücke, verbunden durch eine Eisenoxyd haltende Thonmasse, die aus verwittertem Feldspath entstanden zu sein scheint). Von den Sandsteinen, die sich von den untersten bis in die Tertiärformationen hinein durch alle Schichten eingelagert finden, wird man viele zu der Klasse der Reibungskonglomerate zu zählen haben. „In den Sandsteinen vieler Formationen, bemerkt Humboldt, sind die Körner, aus denen sie zusammengesetzt sind, mehr losgerissen durch die Reibung des ausbrechenden Gesteins, als zertrümmert durch die Bewegung eines nachbarlichen Meeres." Andere Konglomerate sind dagegen auf wässerigem Wege entstanden, durch fluthende Meereswogen, erregt durch gewaltsame Durchbrüche oder andere Ursachen, durch bewegte Süßwasser, wie dieß noch heutzutage geschieht. Die Gesteintrümmer wurden nach entlegenen Fernen geführt, fielen zu Boden, wenn die Bewegung des Wassers nicht mehr stark genug war, sie weiter zu tragen, und wurden an ihrem Lagerungsplatz durch Eisenoxyd, durch thon- und kalkhaltige Bindemittel verkittet. Bei diesen Konglomeraten werden wir die hydrostatischen Gesetze deutlicher beobachtet finden, d. i. es werden sich die schwerern Massen zuerst und zuunterst abgelagert haben, und über ihnen die leichteren. Die verkitteten Theile dieser Konglomerate sind entweder abgerundet (wie bei Puddingsteinen), oder eckig (wie bei Breccien), und bestehen aus Geröllmassen von verschiedenen Felsarten, aus Körnern solcher Mineralien, die der Zerstörung am längsten Widerstand zu leisten vermögen, wie Quarz. Mit Recht ist daher von diesen Konglomeraten gesagt worden, daß sie uns ein ganzes Museum der Vorwelt eröffnen. Die Unterscheidung der Sandsteine von Konglomeraten ist keine wesentliche, indem erstere nichts anderes sind als Konglomerate von mehr gleichmäßigem Korne. Die durch wässerige Ablagerung entstandenen Trümmergesteine sind wol größtentheils Strandbildungen, d. i. Gesteine, die sich an den Küsten größerer Wassermassen abgelagert haben, obgleich der Beweis hiefür wegen des fast gänzlichen Mangels organischer Ueberreste schwer zu leisten ist. So vielartig im Allgemeinen diese Trümmergebilde auch sind, so

ist ihre Natur dennoch meist abhängig von der Beschaffenheit der Gebirge, aus denen die Gewässer die Trümmer weggeführt haben; daher die Konglomerate der einen Gegend sehr mannigfaltig erscheinen im Vergleich zur Einförmigkeit derjenigen einer anderen Gegend, daher ferner die Konglomerate mancher beschränkter Landstriche einander durchaus ähnlich sind, während andere ein sehr verworrenes Material zeigen.

Eines der mächtigsten Trümmergebilde ist die schweizerische Nagelfluh, aus mannigfaltigen, durch ein Cement von mergligem, zuweilen eisenschüssigem Sandstein fest verkitteten Geröllen bestehend, die Kalksteine, harte Sandsteine, bunte Granite und Porphyre, vorherrschend aber meistens mannigfaltige Kalksteintrümmer sind. Die ganze Bildung der Nagelfluh deutlich, meist dick geschichtet, folgt kettenartig dem Zuge der Alpen von Appenzell bis ins Waadtland als eine Gebirgsvorstufe. An den oft steilen Wänden der Nagelfluh widerstehen die härteren Gerölle älterer Gesteine der Witterung mehr, als das sie verbindende Cement, und ragen deshalb gleich Kugeln und Knollen, die an jähen Höhen wie Nagelköpfe aussehen, aus der Fläche hervor. Daher die Benennung Nagelfluh (Fluh = Felswand). Die Nagelfluhkette lehnt sich unmittelbar an die steilen nördlichen Kalkalpen an. Steht man auf der äußersten Kette dieser letzteren, so überschaut das Auge eine zahllose Menge grüner Berge und Bergreihen, welche auf der Berührungslinie mit den Kalkalpen eine relative Höhe von über 4000' haben, und sich gegen Norden dergestalt abstufen, daß sich die niedrigsten immer noch 1000 bis 600' über die Seeflächen erheben. Einzelne Berge stehen theils frei, theils auch dicht zusammengedrängt, oder ziehen viele Stunden weit als langgedehnte Bergrücken fort; ihre Umrisse sind mehr oder weniger abgerundet, bisweilen ausgezeichnet schön pyramidal, wie die Rigi und der Schänniser Berg. Die Nagelfluh ist somit eine mächtige Geschiebeablagerung, die ebenso ausgezeichnet ist durch ihre oft steile Schichtenstellung, als durch ihr, von Thalbildungen heutiger Zeit vollkommen unabhängiger auftreten. Studer glaubt daher, daß sie eine Art von Reibungskonglomerat sei.

Untersuchen wir jetzt noch, nachdem die vier Entstehungsformen der Felsarten ihrem Wesen nach charakterisirt worden sind, die Gebirgsarten in dem Theile der Erdrinde, der unserer Beobachtung zugänglich ist, so wissen wir aus §. 124, daß in denselben die Kieselsäure in meist undurchsichtigem Zustande der am allgemeinsten verbreitete chemische Stoff ist. Auf die feste Kieselsäure (Quarz) folgt zunächst der kohlensaure Kalk, und hierauf die Verbindungen der Kieselsäure mit Thonerde, Kali und Natron, mit Kalkerde, Talkerde und Eisenoxyd. Vereinzelt oder gepaart, gehen diese Mineralien durch sehr viele Schichten hindurch, und was man Gebirgsart nennt, ist eine bestimmte Association einer kleinen Zahl derselben, denen sich bestimmte andere, meist aber unwesentliche Ge-

steinsbestandtheile, anschließen. Unter Formation verstehen wir die ohne längere Unterbrechung unter ähnlichen Verhältnissen entstandenen Sedimente, wenn also z. B. von neptunischen Gesteinen die Rede ist, die ganze Folge der von demselben Meere abgesetzten Schichten. Zwischen die ältesten, wie jüngsten Schichten als untergeordneter Flötz eingeschoben, erscheint, als ein Fremdartiges, reine Kohle, die auch sonst, wie manche Metalloxyde, als Färbemittel mit den anderen Stoffen gemengt ist. Aus unbekannten Tiefen stammend, in die neptunischen Schichten in größerer oder geringerer Ausdehnung eindringend und sich in ihnen verzweigend, treten in der Reihe der Formationen Erzlager auf, aus mannigfachen Metallgemischen zusammengesetzt. Diese Erzgänge stammen aus früheren Revolutionen der Erdrinde, wo die feste, aber noch dünne Rinde des Planeten öfter durch Erdstöße erschüttert, bei Volumveränderung im Erkalten zerklüftet und zerspalten, mehrfache Verbindungen mit dem Inneren, mehrfache Auswege für aufsteigende, mit Erd- und Metallstoffen geschwängerte Dämpfe darbot. Die den Saalbändern parallele, lagenweise Anordnung der Gemengtheile, die regelmäßige Wiederholung gleichnamiger Lagen zu beiden Seiten (im Hangenden und Liegenden des Ganges), ja die drusenförmigen langgedehnten Höhlungen der Mitte bezeugen oft recht unmittelbar den plutonischen Prozeß der Sublimation in den Erzgängen. „Da die durchsetzenden neueren Ursprungs als die durchsetzten sind, so lehren die Lagerungsverhältnisse des Porphyrs zu den Silbererzformationen, daß diese in dem sächsischen Erzgebirge, also in dem wichtigsten und reichsten Erzgebirge Deutschlands, zum wenigsten jünger als die Baumstämme des Steinkohlengebirgs und des Rothliegenden sind.“ (Humboldt.)

Reihenfolge der Formationen.

§. 131. Das Gebiet der Geologie beginnt da, wo die ältesten geschichteten Gebirgsglieder, die krystallinischen Schiefer und die Grauwacke der unteren silurischen Schichten, auf der allgemeinen Grundlage aufliegen, welche, weil die geognostischen Untersuchungen nicht bis zu ihr hinabzudringen vermögen, nach der neueren Annahme aus unbekannten, vielleicht primitiven Gebilden, nach der älteren Geologie aber geradezu aus Granit bestehen soll. Humboldt erklärt sich für diese ältere Ansicht. „Das älteste Gebilde der Transitions-Formation, das wir kennen gelernt, sagt er, sind Schiefer und Grauwacke, welche einige Reste von Seetang einschließen aus dem silurischen, einst cambrischen Meere. Worauf ruhte dies sogenannte älteste Gebilde, wenn Gneis und Glimmerschiefer nur als umgewandelte Sedimentschichten betrachtet werden müssen? Soll man eine Vermuthung

wagen über das, was nicht Gegenstand einer wirklichen geognostischen Beobachtung sein kann? Nach einer indischen Urmythe trägt ein Elephant die Erde; er selbst, damit er nicht falle, wird wiederum von einer Riesenschildkröte getragen. Worauf die Schildkröte ruhe, ist den gläubigen Brahminen nicht zu fragen erlaubt. Wir wagen uns hier an ein ähnliches Problem, wenn auch mannigfaltigen Tadels der Lösung gewärtig. Was wir die älteren silurischen Schichten nennen, sind nur obere Theile der festen Erdrinde. Das Eruptionsgestein, das wir diese durchbrechen und heben sehen, steigt aus uns unzugänglicher Tiefe empor; es existirt demnach schon unter den silurischen Schichten, aus derselben Association von Mineralien zusammengesetzt, die wir als Gebirgsarten, da wo sie durch den Ausbruch uns sichtbar werden, Granit, Augitfels oder Quarzporphyr nennen. Auf Analogien gestützt, dürfen wir annehmen, daß das, was weite Spalten gleichsam gangartig ausfüllt und die Sedimentschichten durchbricht, nur Zweige eines unteren Lagers sind. Aus den größten Tiefen wirken die noch thätigen Vulkane; und nach den seltenen Fragmenten zu urtheilen, die ich in sehr verschiedenen Erdstrichen in den Lavaströmen habe eingeschlossen gefunden, halte auch ich es für mehr als wahrscheinlich, daß ein uranfängliches Granitgestein die Unterlage des großen, mit so vielen organischen Resten angefüllten Schichtenbaues sei. Wenn olivinführende Basalte sich erst in der Kreideepoche, Trachyte noch später sich zeigen, so gehören die Ausbrüche des Granits dagegen, wie auch die Produkte der Metamorphose es lehren, in die Epoche der ältesten Sedimentschichten der Transitionsformation. Wo die Erkenntniß nicht aus der unmittelbaren Sinnesanschauung erwachsen kann, ist es wohl erlaubt, auch nach bloßer Induktion, wie nach sorgfältiger Vergleichung der Thatsachen eine Vermuthung aufzustellen, die dem alten **Granit** einen Theil der bedrohten Rechte und den Ruhm der **Uranfänglichkeit** wiedergibt."

Ist nun, wenigstens vorzugsweise, der Granit die allgemein krystallinische Masse, auf welcher der ganze übrige Schichtenbau ruht, so wissen wir, daß diese granitische Unterlage sich aus dem feurig geschmolzenen Zustande gebildet hat. Um uns dann die Entstehung der ersten neptunischen Schichten zu erklären, bilden wir uns, nach Anleitung der Geologie, folgenden summarischen Begriff. Die abgeplattete Kugelgestalt und jene granitische Grundlage unseres Planeten weisen nach physikalischen und chemischen Gesetzen gleichmäßig und unmittelbar darauf hin, daß sich ursprünglich die ganze Planetenmasse in flüssigem, und zwar in feurig flüssigem Zustande befunden haben muß. Durch unausgesetzte Wärmestrahlung (§. 55) gegen den Himmelsraum kühlte sie sich allmählig ab, und so bildete sich rings um sie eine vorerst nur dünne krystallinische Kruste, die durch Volumveränderung in der Abkühlung und durch die Einwirkung, die Reaktion der von ihr be-

deckten geschmolzenen Masse vielfach in allen Richtungen zerrissen wurde. Mit fortschreitender Erkaltung bis auf einen gewissen Grad begann das Wasser, das bisher atmosphärisch, in Dunstform, die Erde umgab, sich niederzuschlagen und sammelte sich zu einer flüssigen Umhüllung des Erdballs, zum ältesten oder Schiefermeere, aus dem nur die höchsten Klippen der geborstenen Erdkruste emporragten. Jetzt war in der Geschichte der Erde der Moment eingetreten, von welchem an Wasser und Luft die uns bekannten (§. 106) eigenthümlichen Wirkungen auf alles Gestein auszuüben begannen, welches dem Wellenschlag und den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt war, Verwitterung nämlich und Schwemmung. Die Erzeugnisse dieser ersten Thaten des Wassers waren der älteste Thonschiefer und die umgewandelten krystallinischen Schiefer, die, vom Wasser benagt, wiederum das Mittengestein für die nächstfolgenden Schichten abgaben. Indem nun durch die Reaktion des Erdinneren, durch die plutonischen Kräfte, die ersten Betten neptunischen Niederschlags zerrissen, zersprengt und theilweise über die Wasserfläche gehoben wurden, fand das Wasser immer neue, immer ausgedehntere Angriffspunkte, und so ist durch die vereinte Wirkung beider Faktoren, des unausgesetzt und stetig wirkenden neptunischen, und des periodisch stoßenden und hebenden plutonischen und vulkanischen im Laufe der Jahrtausende das Gebäude von Formationen aufgeführt worden, mit dem wir uns hier näher bekannt zu machen haben.

§. 132. Die untersten Lager der Sedimente bestehen aus Gesteinen von mehr oder weniger ausgezeichnet schiefrigem Gefüge; es sind das meist glänzende, graue, rothe, braune, schwarze, oft auch grüne Urthonschiefer, ein häufig nicht zu unterscheidendes inniges Gemenge von Thon, Glimmer, höchst feinen Quarzkörnern und zertheilten Feldspathpartikelchen, übergehend und abwechselnd mit gewöhnlichem Thonschiefer, Gneis, Glimmer-, Talk- und Chloritschiefer. Untergeordnete Lager bilden Quarzfels, Weißstein, Hornblendschiefer, Serpentin, körniger Kalkstein, Dolomit, Urgyps, und andere meist krystallinische Steinarten. Die ungefähre mittlere Mächtigkeit dieser Formationen beträgt 28—30000 Fuß. Man theilt sie in zwei Unterabtheilungen, von denen die tiefste und älteste, das untere silurische, ehemals cambrische System noch keine, oder sehr sparsam versteinerte organische Reste enthält, während das darauf folgende obere silurische System an ihnen sehr reich ist. Der schwarze Thonschiefer der unteren silurischen Schichten verdankt seine Färbung fein zertheilter, mit dem Thone gemischter Kohle, die auf organische Substanzen hindeutet. Hat der Thonschiefer eine rein schwarze Farbe, so gibt er den Tafel- oder Dachschiefer, ist er mit Schwefelkies gemischt, so heißt er Alaunschiefer, weil er sich zur künstlichen Darstellung des Alauns (schwefelsaure Thonerde mit schwefelsaurem Kali) eignet; er gehört

indeß mehr den oberen Schichten an. Der Thonschiefer, der Erzgänge und Lager enthält, geht häufig in die versteinerungsreiche Grauwacke über. Unter die durch ihre Beschaffenheit charakteristischen Versteinerungen gehören verschiedene Polypenstämme, Terebrateln, Mollusken, die noch jetzt vorhandenen Gattungen angehören, durch alle Schichten hindurch gehen und einen eigenen Apparat zum Anheften hatten; er bestand in einem fleischigen Stiel, für den die Oeffnung rund und von zwei kleinen Kalkplatten, die neben ihr liegen, gegen das Schloß hin verengt war. Besonders charakteristisch sind die seltsamen Trilobiten, ein Krustenthier, den heutigen Krebsen oder Krabben verwandt. Diese primitive Form des Krustenthiers kommt im hohen Norden von Europa und Amerika, wie in Südamerika und am Kap vor, ist am häufigsten in der Grauwacke und erlischt schon wieder im Bergkalk, oder dem Liegenden der Kohlengruppe. Die große Menge, in welcher die zahlreichen Arten der Trilobiten getroffen werden, läßt vermuthen, daß ihr Untergang Folge plötzlicher Katastrophen war, auf welche eine Epoche folgte, in welcher diese Thiere von der Natur nicht mehr erzeugt wurden. Was die allgemeine Bildung der Trilobiten betrifft, so hängt an einem breiten, halbmondförmigen Kopfschild, der Mund und Augen trägt, ein gegliederter, aus 6—20 Ringen bestehender Rumpf, der durch eine doppelte Längenkerbe in drei Lappen (woher die Benennung) getheilt ist, von welchen der mittlere gewölbt, die Achse des Rumpfes, die beiden seitlichen freie Fortsetzungen waren, unter denen die weichen Schwimmhäute versteckt waren. Dem Kopfschild entspricht an Ausdehnung häufig ein Schwanzschild, der den Hinterleib einhüllte, und den der Trilobit von unten gegen den Kopfschild klappen und so, indem er sich zusammenkugelte, alle weichen Theile verstecken konnte. Die Augen der Trilobiten, in krystallinische Masse, meist Kalkspath, umgewandelt und in der Versteinerung vollkommen erhalten, bieten uns fast den einzigen Fall dar, wo es uns vergönnt ist, so zarte Organe der frühesten Bewohner der Erde unmittelbar zu untersuchen, und geben uns den deutlichen Fingerzeig, wie die Gesetze des thierischen Baues, aber auch die ganze Verfassung der äußeren Natur von jeher im Großen dieselben waren. Diese fossilen Augen gleichen den Sehorganen der heutigen Gliederthiere; sie bestehen aus einer Hornhaut, in Form eines abgestutzten Kegels, mit Fächern für mehr als 400 kuglige Linsen. Mit Hülfe dieser beiden Augen, die oben auf dem Kopfschild sitzen, beherrschte das Thier seinen ganzen Horizont zumal, und da sich der Trilobit nur kriechend oder schwimmend auf dem Boden der See bewegte, so vollkommene Gesichtsorgane aber gewiß nur zum Sehen erhalten hatte, so setzt dies voraus, daß er dies auch in der Tiefe des Meeres wirklich konnte, daß also jene ersten Meere ungefähr denselben Grad von Durchsichtigkeit

besaßen, wie die heutigen, und daß Luft und Wasser das Licht damals eben so brachen, wie jetzt.

Den oberen Theil der vorhergehenden Formation bildet das Devon'sche System, die untere und obere Grauwacke, ein inniges Gemisch feiner oder grober Quarzkörner und Thonerde von bedeutender Festigkeit, lichtgrau, braun, selbst röthlich, gewöhnlich aber dunkel. Sie ist oft ein wahres Konglomerat, indem man darin Bruchstücke von Granit, Gneis und Glimmerschiefer erkennt. Bei deutlicher Schieferung heißt sie Grauwackeschiefer, der durch alle Nuancen von Festigkeit, Glanz und Farbe hindurchgeht und sich auf der einen Seite mit Glimmerschiefer und Gneis, auf der anderen mit grober Grauwacke, in welcher er sich eingelagert findet, verbindet. Die Mächtigkeit der ganzen Formation beträgt etwa 6000 Fuß. Je nach der Menge von Thon und Sand gleicht die Grauwacke bald einem Thonschiefer, nur daß sie rauher und härter als gewöhnlicher Thonschiefer ist, bald einem Sandstein, in den sie stellenweise übergeht, und wechselt mit Uebergangsthonschiefer, von dem sie oft verdrängt wird. Ein anderes Glied der Grauwackengruppe ist ein sehr fester, harter, derber Kalkstein, zum Unterschied von späteren Kalkgebilden Uebergangskalkstein genannt, gelblichgrau, bräunlichgrau, oder von beigemengter Kohle tief schwarz. Er ist minder mächtig als Thonschiefer und Grauwacke, dennoch aber stellenweise von bedeutender Ausdehnung, und während er an den einen Orten fast allein auftritt, wechsellagert er an anderen mit mehreren Grauwackenschichten, was auf eine gleichzeitige Entstehung beider Gebilde schließen läßt. Burmeister glaubt, daß wechselnde Strömungen von entgegengesetzter Richtung die Ursache dieses Schichtenwechsels seien, und daß die Orte, wo kein solcher Wechsel sich findet, und Kalk und Grauwacke rein auftreten, als die Heerde dieser Bildungen und als diejenigen Punkte angesehen werden könnten, welche außer dem Bereiche dieser Strömungen lagen; er glaubt ferner, daß solcher Strömungen und Bildungen verschiedenartiger Niederschläge hinter einander mehrere in konstanter Folge angenommen werden müssen, da sich die Versteinerungen derselben nicht etwa in bunter Mischung durcheinander finden, sondern jede Schicht ihre eigenthümlichen besitzt. Das oberste Glied des devon'schen Systems bildet der alte rothe Sandstein, eine Reihe von Kalk- oder Sandsteinen, die Thon- oder Mergelschichten von verschiedenen Farben einschließen und in ihren Versteinerungen die Mitte halten zwischen dem Uebergangskalk und dem der folgenden Formation angehörigen Bergkalk. Die Mächtigkeit dieser letzten Glieder der Grauwackeformation ist in verschiedenen Gegenden sehr ungleich; denn während sie im südlichen Theile von Wales bis zum Fuße der Grampianberge in Großbritannien 13000 Fuß beträgt, erreicht sie auf dem europäischen Kontinente kaum noch 150 Fuß. Die Schichtung der Glieder der Grauwackeformation ist deutlich erkennbar, doch

haben die Bänke im Allgemeinen keine weite Erstreckung und die Schichten liegen mit großen und raschen Wechseln ihrer Neigungen und Richtungen neben einander, so daß eine Uebereinstimmung dieser Lagen für große Gebirgszüge kaum merklich ist. Die Bruchstücke plutonischer Gesteine und krystallinischer Schiefer, welche die Grauwacke an einzelnen Stellen einschließt, die Reste von Landgewächsen in verschiedenen Schichten dieser Formation beweisen deutlich, daß zur Zeit der Grauwackenbildung Hebungen Statt gefunden und bereits ein Festland vorhanden war. —. In der Grauwackeformation treten die ältesten uns bekannten Kohlenablagerungen auf, Anthrazit oder Kohlenblende, deren fossile Pflanzen wenig von denjenigen der unmittelbar darauf folgenden Steinkohlenformation verschieden sind; es finden sich Equiseten (Schachtelhalme), Calamiten (Stengelgewächse) und Fucoiden (Seealgen). Die fossilen Thiere gehören, wie die Pflanzen, niederen Gattungen an, es sind Polypen, Terebrateln und verschiedene Arten von Muscheln, ferner Trilobiten in großer Zahl, und von Wirbelthieren Fische; aber alle diese Geschlechter sind andere, als jetzt die Meere bewohnen. Die Fische gehören zur Gruppe der Ganoiden, eckschuppige Knochenfische (wegen der Härte ihrer Skelete so genannt), die eine ungleiche Schwanzflosse haben, wie die heutigen Störe und Haifische; die größere obere Hälfte wird von der aufsteigenden Spitze des Schwanzes selbst gebildet, während die untere von Flossenstrahlen herrührt. Im alten rothen Sandsteine treten die ältesten Arten Bauchflosser auf, unter denen die durch einen breiten, flachen, dem Kopfschilde der Trilobiten auffallend ähnlichen Kopfbau sich auszeichnenden Cephalaspiden am merkwürdigsten sind.

Obige, nicht immer leicht von einander zu unterscheidende Formationen, das untere und obere silurische und das devon'sche System gehören der ersten Epoche des Gebirgsschichtenbaues an und sind ziemlich verbreitet in Europa, wo sie zusammen die sogenannten Uebergangs- (Transitions-) formationen bilden. Sie kommen sehr häufig in verschiedenen Gegenden Frankreichs vor, in der ganzen Ausdehnung der Pyrenäen; bilden den ganzen Hundsrück und die Eifel, den südlichen Theil von Belgien; ferner findet man sie im Harz, in Sachsen und noch an anderen Punkten Deutschlands; in Schweden und Norwegen, und sehr häufig in England. Sie enthalten überall Lager von Anthrazit, die mit Erfolg abgebaut werden.

§. 133. Auf die Bildung der Grauwacke folgte eine große Epoche, während welcher die zahlreichen Schichten der sekundären oder Flötzgebilde niedergeschlagen wurden. Das erste Glied in der Reihe dieser sekundären Formationen hat wegen des außerordentlichen Reichthums an verkohlten vegetabilischen Substanzen, die es enthält, den Namen der Kohlengruppe erhalten. Die mittlere Mächtigkeit derselben beträgt etwa

2500 Fuß, ist aber an einzelnen Orten viel bedeutender. Im Verhältniß des Meeresniveaus findet man die Kohlenablagerungen eher tiefer, als höher. Das Steinkohlengebirg bildet die *untere Trias*, deren Glieder *Bergkalk*, *Steinkohlenschichten* sammt *Todtliegendem*, und *Zechstein* sind. Das eigentliche, mehr oder weniger dicke Kalkschichten einschließende Steinkohlengebirg besteht aus mehrmals mit einander abwechselnden Lagen von Sandsteinen, Thon und Kohlenschichten, deren Liegendes der Bergkalk, deren Decke im Hangenden ein rother Sandstein, das Todtliegende, ist. Die Sandsteine zwischen den Kohlen, mit thonigem Bindemittel, sind grau und gehen bisweilen in's Schwarze über. Was die Flötzbildung im Kohlengebirg betrifft, so scheint dieselbe im Allgemeinen sehr regelmäßig von Statten gegangen zu sein; denn die Flötze verändern auf meilenlangen Erstreckungen kaum merklich ihr Streichen und Fallen, selten nähert sich ihr Einfallen der senkrechten Richtung. — Das unterste Glied der Steinkohlenformation, der *Bergkalk*, auch *Kohlenkalk* genannt, ist in mehreren Ländern Europa's sehr entwickelt; gewöhnlich dunkel gefärbt, bildet er ungeheure Schichten, die oben mit hellgrauen Sandsteinen abwechseln, welche wegen ihres Mangels an Kohle in Deutschland *flötzleere Sandsteine* genannt worden sind, und sich dem Kohlensandstein anschließen. Der Bergkalk ist reich an Meeresversteinerungen, und diese geben ihm einen zoologischen Charakter, wodurch er mit dem Uebergangskalkstein so genau übereinkommt, daß manche Geognosten den letzteren mit zum Kohlengebirge gerechnet haben. Die organischen Reste gehören Muscheln und Schnecken an, aus denen stellenweise der Bergkalk ganz und gar besteht; die Schnecken sind fast sämmtlich Phytophagen, die sich von Pflanzen nähren, und haben alle sehr auffallend flach gewundene Schalen. Von den Radiaten, die eine überaus große, nirgends in späterer Zeit wieder so reiche Mannigfaltigkeit entwickeln, treten im Bergkalk neue höhere Formen auf, die sich mehr und mehr den späteren Thieren dieser Klasse näheren. Wir finden in ihm ferner eine große Anzahl von Molluskenresten, von denen manche dem jetzigen Nautilus gleichen, und Trilobiten, die aber hier gänzlich erlöschen. — Von den eigentlichen Steinkohlenschichten folgt auf den Bergkalk der *Kohlensandstein*, grau, meist feinkörnig, und, wie die früheren Sandsteine, hie und da Bruchstücke älterer Gesteine konglomeratisch einschließend. Die eigentlichen *Kohlenflötze* haben eine wechselnde Mächtigkeit von einigen Zollen, gewöhnlich von 4 — 6, seltener von 10 — 60 Fuß. In der Regel liegen mehrere, 50, 60, in Belgien 100, im Saarbrücker Kohlenrevier sogar 120 Flötze in paralleler Lagerung über einander, durch Thonschichten, seltener durch Sandsteinschichten von einander getrennt. Die Thonschichten heißen *Kohlenschiefer* oder *Schieferthon*, sind verhärteter Kohlenstoff oder bitumenhaltiger Thon, von dick- und gerad-, seltener von gebogen schiefriger Struktur, grau, in's Braune übergehend und

desto dunkler, je näher den Kohlenlagen; sie zeichnen sich durch ihren außerordentlichen Reichthum von Pflanzenabdrücken aus, die sie enthalten, und woran sie immer leicht zu erkennen sind, gerade wie der Kohlensandstein, der ebenfalls, wenn gleich weniger allgemein, an solchen Abdrücken reich ist. Alle drei Glieder wechseln in unbestimmter Ausdehnung mit einander ab, und ihre Flötze sind besonders in muldenförmige Vertiefungen zwischen parallelen Bergzügen oder in die Winkel sich treffender eingelagert, dabei an vielen Stellen merkwürdig gebogen und zerknickt, was auf große Aenderungen ihrer ursprünglichen Lage hinweist. Die Kohlenschichten umschließen das Grab einer ganzen vegetabilischen Schöpfung, die uns in verkohlter Form als Steinkohle aufbewahrt ist. Die wolerhaltenen Abdrücke von Blättern und Stämmen im Kohlenschiefer und Kohlensandstein rühren zum größten Theil von Gewächsen her, deren jetzige nächste Verwandte in den wärmeren Klimaten einheimisch sind, und auch die verkohlten Vegetabilien zeigen einen entschieden tropischen Charakter, wobei man aber eine so auffallend einförmige Verbreitung derselben Geschlechter wahrnimmt, daß diese alte Pflanzenwelt mit der Mannigfaltigkeit der heutigen einen großen Kontrast bildet. Die Hauptgebilde dieser alten Flora sind Palmengewächse, eine Anzahl baumartiger Farrenkräuter, riesenmäßige Gestalten, die den heutigen Schachtelhalmen (Equiseten) gleichen, und einige Nadelhölzer; von höher entwickelten Pflanzenformen sind keine Spuren gefunden worden. Die ungeheure Größe vieler dieser fossilen Gewächse, besonders der mit eigenthümlichen, die Stellen der früheren Blätter andeutenden Figuren bedeckten, baumartigen Farren, von denen mehr als 40 verschiedene Arten bekannt sind, darunter solche von 60 Fuß Länge und mehrere Fuß Dicke, deutet auf den fruchtbarsten Boden, ein sehr warmes, ja heißes Klima und auf eine noch ganz insuläre Gestalt des trockenen Landes. In einzelnen Kohlenschichten, in den Gegenden von Saarbrücken, Eschweiler, Durham und Newcastle, hat man mehrere solcher Baumstämme (wahrscheinlich Farren) noch in senkrechter Stellung, in die darüber liegenden Kalksteine hineinragend, gefunden. Den tropischen Charakter der untergegangenen Pflanzenwelt weisen die Kohlengebirge des Nordens, wie des Südens nach, und die ungeheure Menge der in Europa und Nordamerika bisher aufgefundenen Kohlenlager verräth einen ganz überraschenden Reichthum an Pflanzen und eine Walddecke, die an Dichtigkeit nur den Urwäldern der gegenwärtigen Tropenzone verglichen werden kann. Daß diese feuchten, schattigen Waldungen wol auch Flechten, Pilze, Moose enthalten haben, ist sehr wahrscheinlich, obwol sie wegen ihres weichen, zarten Baues keine Spuren hinterlassen haben. — Obwol die Pflanzenstruktur in den eigentlichen Steinkohlen sich nur stellenweise erhalten hat, so ist man doch über ihren Ursprung aus dem Pflanzenreich allgemein einverstanden; anders verhält es sich mit der Beantwortung der Frage, auf welche Weise alle die Pflanzenreste angesammelt worden. Die

Einen glauben, daß sämmtliche Steinkohlenablagerungen begrabene große Flöße von verschiedenen Pflanzen seien, die durch Schwemmungen von großen Flüssen oder Meeresströmen so herbeigeführt worden, wie noch jetzt durch dicht bewaldete Länder strömende Flüsse den Meeresboden vor ihrer Mündung mit herbeigeschwemmtem Holz und Schlamm aufhöhen. Obgleich nach dieser Ansicht im Rücken der Kohlenflötze schon bedeutende Landstrecken vorausgesetzt werden, so ist doch wahrscheinlich, daß wenigstens einzelne Kohlenablagerungen dieser Entstehungsweise ihren Ursprung verdanken; aber auf allgemeine Geltung kann sie aus folgenden Gründen keinen Anspruch machen. Sollen nämlich durch schwimmende Flöße solche Steinkohlenschichten, wie wir sie kennen, erzeugt worden sein, so setzt dieß nothwendig eine ungeheure Dicke dieser Flöße voraus; denn bringt man das spezifische Gewicht der verschiedenen Holzarten, ihren Kohlengehalt, verglichen mit dem der Steinkohlenlager, in Rechnung, so findet man, daß diese letzteren, je nach den Pflanzen, nur 0,22, oder selbst nur 0,07 von dem ursprünglichen Volumen der Gewächse enthalten, welche ihnen die Entstehung gaben, daß der Holzfloß demnach im ersteren Fall für eine 10 Fuß mächtige Steinkohlenschicht eine Dicke von 45', im letzteren von 142' gehabt haben müßte; berücksichtigt man ferner die bei solchen Flößen unregelmäßige Aufschichtung des Holzes und die daraus sich ergebenden vielen leeren Räume, so findet man, daß die Steinkohle, die sich z. B. durch die spezifisch leichtesten Pflanzen, wie Equiseten, Farren u. s. w., gebildet hat, in ihren Schichten wol nur eine Dicke von 0,035 der Dicke des Floßes, von dem sie gebildet wurden, haben kann. Steinkohlenschichten von 10 bis 20 Fuß Mächtigkeit hätten daher 285 und 571 Fuß dicke Holzflöße erfordert, was schon für solche Schichten, geschweige für mächtigere, die Grenzen des Wahrscheinlichen überschreitet. Diesen Schwierigkeiten begegnet man nicht, wenn man annimmt, daß die Steinkohlenschichten sich aus Torfmooren gebildet haben, denn diese Entstehungsweise setzt weiter nichts voraus, als die zur Anhäufung der organischen Stoffe erforderliche Zeit. Diese wird aber allerdings nicht gering anzuschlagen sein. Eine Steinkohlenschicht von 10 Fuß Dicke hätte zu ihrer Bildung 18000 Jahre erfordert, wenn man die Kohlenmenge, welche unsere jetzigen Wälder der gemäßigten Zone jährlich erzeugen, und die in einem Jahrhundert nicht volle ⅔ Zoll beträgt, zum Maßstab nehmen dürfte. Allein bei einer mittleren Temperatur von 22°, welche damals über die ganze Erdoberfläche verbreitet gewesen sein muß, bei einer mit Wasserdünsten erfüllten, sehr feuchten Atmosphäre war unstreitig jene uralte Vegetation unendlich kräftiger als die jetzige, auch ging die Bildung der Kohle durch Pflanzen in jener Urzeit allverbreiteter vulkanischer Thätigkeit, wo eine ungeheure Menge Kohlenstoffes dem Schooße der Erde entquoll, viel schneller vor sich als jetzt, so daß wir aus den angegebenen Gründen einen viel kleineren Zeitraum zur Bildung einer Stein-

kohlenschicht von der vorausgesetzten Mächtigkeit anzunehmen befugt sind. Uebrigens erforderten nicht nur die Steinkohlen, sondern die meisten neptunischen Sedimente zu ihrer Bildung lange Zeiträume, besonders Kalkablagerungen, die einzig und allein aus Muscheln gebildet wurden und eine weit größere Mächtigkeit gewannen, als Kohlenflötze. Sehen wir nun, da die zur Bildung von Kohlenschichten erforderliche Zeit keine Schwierigkeiten darzubieten scheint, auf die Gründe, welche die Ansicht von der Bildung dieser Flötze aus Torfmooren begünstigen, so sind vornemlich vier hervorzuheben. Erstlich findet man in beiderlei Ablagerungen mit ihren Wurzeln aufrecht stehende Bäume, die versanken, wo sie gewachsen, und von angeschwemmtem Sand und Thon bedeckt wurden; diese Anschwemmungen konnten sich wiederholen, wie der Wechsel der Schichten in den Kohlenflötzen andeutet. Man findet ferner eine merkwürdig gute Erhaltung der Blätter in der Mitte der Schichten, die deutlichsten Abdrücke derselben, sowie der Rinde der Farrenstämme oft mit allen ihren Unebenheiten und zartesten lineären Zeichnungen im Schieferthon. Dieser Umstand deutet unverkennbar auf eine im Ganzen ruhige Bildung der Kohlenschichten und spricht vornemlich gegen die erste Annahme; denn wo gegenwärtig Pflanzen von Fluthen fortgeführt werden, bleiben sie in seltenen Fällen unverletzt, die weichen, zarteren Organe gehen zu Grunde, die Rinde wird zerstört und die Stämme oft bis zur Unkenntlichkeit beschädigt, wie dieß z. B. mit Stämmen baumähnlicher Farren der Fall ist, die in heutiger Zeit von Fluthen vom Gebirg auf Jamaika herabgeführt werden. Torfmoore und Steinkohlenablagerungen kommen drittens darin mit einander überein, daß sie mehr oder weniger ausgedehnte, von einander abgesonderte muldenförmige Becken bilden, welche an große Sümpfe erinnern. Endlich scheint dieser Ansicht auch die Beobachtung zu Statten zu kommen, daß die zwischengelagerten Schiefer, besonders die Sandsteinschichten, mächtiger sind, als die Kohlenschichten, und daß die letzteren von unten nach oben an Dicke zunehmen. — Was die Umwandlung des Holzes und der vegetabilischen Stoffe in Kohle betrifft, so scheint dieselbe durch eine Aenderung des Mischungsverhältnisses bewirkt worden zu sein, womit Verlust des früheren organischen Gefüges verbunden war, oder wodurch letzteres meist in dem Grade undeutlich geworden, daß es gänzlich vernichtet scheint. Gehemmter Luftzutritt, Druck und Pressung durch aufliegende Schichten von Sand und Thon, verschiedene Grade von Feuchtigkeit und die größere Erdwärme jener frühen Epoche werden bei dieser Methamorphose als bedingende Ursachen angenommen werden müssen. Chemische Versuche zeigen, daß ein hinlänglicher Grad von Feuchtigkeit unter gewissen Verhältnissen den mit Mischungsveränderungen verbundenen Uebergang der Pflanzenfaser möglich machen. Was die Erdwärme betrifft, so ist deren Mitwirkung durch Versuche außer Zweifel gesetzt. Man

hat Farrenkräuter und andere Pflanzen zwischen zwei Thonplatten gebracht, diese längere Zeit im Schatten getrocknet und allmälig bis zum Glühen erhitzt; man erhielt den fossilen Pflanzen täuschend ähnliche Produkte, und bei anhaltendem Glühen, nach Verbrennung alles Organischen, blieb von der oberen und von der unteren Seite ein vollständiger Abdruck übrig, ähnlich denjenigen, die man im Schieferthon und Kohlensandstein findet. Bei solchen Versuchen darf man die Thonplatten bis zum Rothglühen erhitzen, wenn sie keine Spalten werfen; die Pflanzentheile finden sich verkohlt und die geringe Menge von Kohlenstoff reicht hin, die Platten mehrere Linien tief zu färben. Wenn aber die Platten im Ofen zerspalten sind, so zeigen sich zwar auf ihren inneren Flächen Pflanzenabdrücke, aber die Pflanzentheile sind, statt verkohlt zu sein, in Asche verwandelt. — Ueberreste von Muscheln sind in eigentlichen Steinkohlen selten und auch im Kohlensandstein finden sich Thierreste nur stellenweise häufig. In den diesen untergeordneten Kalkschichten hat man Reste von ungeheuren saurierartigen Thieren mit Schmelzschuppen gesammelt, deren starke Zähne sowol, wie das ganze Knochensystem an die größten Reptilien erinnern, und die von der Kohlenformation, in welcher die größten Arten liegen, bis zur Kreide vereinzelt aufsteigen. Auch zeigt der Kalk, der sie einschließt, die versteinerten Reste unverdauter Nahrung dieser Thiere, sogenannte Koprolithen. Andere versteinerte Reste von Fischen und Muscheln scheinen von Thieren herzurühren, die im Süßwasser gelebt haben. Von höheren Thieren mit entwickeltem Respirationsvermögen, von Vögeln und Säugethieren, finden sich in der Kohlengruppe keine Spuren; denn die Oberfläche des Planeten bestand zur Zeit ihrer Bildung aus zahlreichen größeren oder kleineren bewaldeten Eilanden, aus einer Inselwelt mit einer überall gleichmäßig verbreiteten hohen Temperatur, in der überaus feuchten, an Kohlensäure Ueberfluß darbietenden Atmosphäre; wie die war, in welcher jene uralte Vegetation sich so üppig entfaltete, konnten höhere Organismen von Landthieren nicht leben, das Einathmen jener Luft wäre für sie höchst nachtheilig, ja tödtlich gewesen. An Landthieren niedrigerer Art kann es aber nicht gefehlt haben. Insekten, deren Leben auf's Innigste an die Pflanzen geknüpft ist, setzte man in jener Welt der Gewächse längst voraus, ehe man in der Steinkohle Flügel und Flügeldecken von Insekten entdeckte. Häufig kommen sie indeß nicht vor, weil fast alle Insekten Landthiere sind, und eine sehr vergängliche Textur ihres Körpers haben. Auch fossile Skorpionen, welche die Oekonomie der Natur auf das pflanzenfressende Insekt angewiesen hat, sind in der Steinkohlengruppe gefunden worden.

Die auf die Kohlenflötze folgenden Schichten des Todtliegenden und des Zechsteins werden von einigen Geognosten unter dem Namen des permischen Systems von der Kohlenformation getrennt, werden. aber

hier, wegen ihres ähnlichen organischen Inhalts, als oberste Glieder derselben brtrachtet. Das Todtliegende ist ein rother grobkörniger, durch röthlichen Thon gebundener Sandstein, der von thüringischen Bergleuten seinen Namen erhalten hat, weil er dort die erzleere liegende Schicht des an Kupfererzen reichen Kupferschiefers bildet. Die Engländer nennen ihn jungen rothen Sandstein, zum Unterschied des alten im devon'schen System. Er scheint zu den Porphyren, die sich weiter hinauf nicht mehr erhoben haben, in inniger Beziehung zu stehen, und ist vielleicht aus ihnen durch schnelle Verwitterung nach ihrer Emporhebung gebildet worden. Organische Reste findet man in ihm nicht viele, es sind verkieselte Stücke von Baumstämmen, die solchen Gewächsen angehörten, die wir auch in den Kohlenschichten antreffen. In paralleler Lagerung mit dem Todtliegenden tritt ein Kalkstein auf, dessen unterster aus Thon und Kalk bestehender, also mergliger, und zudem schiefriger Theil Kupferschiefer heißt. Merkwürdig sind in diesem kupferreichen Gebilde die zahlreichen Abdrücke von Fischen mit eckigen sehr harten Schuppen, der völlig untergegangenen Familie der Ganoiden (§. 132) angehörig. Ueber dem Kupferschiefer wird der Kalkstein herrschender und führt den Namen Zechstein; seine dichte Beschaffenheit und der Mangel an Schieferung unterscheidet ihn vom Kupferschiefer. Die merkwürdigsten organischen Reste dieser Schichten sind die von Sauriern, Reptilien, welche mit den Gattungen Leguan (Iguana) und Warneidechse (Monitor) verwandt sind. Wichtig ist auch die oft mächtige Entwickelung von Dolomit im Zechstein, und das erste Auftreten bedeutender Gyps- und Salzsteinlagen, welche beide so häufig vereinigt erscheinen, und in neuerer Zeit der rothen Sandsteingruppe in staatswissenschaftlicher Beziehung Wichtigkeit gegeben haben, seitdem durch Auffindung der bedeutenden Salzlager in Lothringen, am Neckar, in Sachsen, in der Schweiz die Gewißheit erlangt worden ist, daß diese Salzablagerungen schon der rothen Sandsteingruppe angehören. Am östlichen Abhang der Vogesen und im Schwarzwald ist der sogenannte Vogesensandstein sehr entwickelt; er besteht ganz aus Quarzsandkörnern, deren Oberfläche sehr glänzend und mit einem Ueberzug aus rothem Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat bedeckt ist; ohne deutliches Bindemittel, wie man ein solches im rothen Sandstein bemerkt, ist seine Masse gewöhnlich zerreiblich, doch bilden gewisse Theile ziemlich feste, als Bausteine brauchbare Schichten. Bis jetzt hat man nur sehr wenige organische Reste in diesen Sandsteinarten, und besonders einige seltene Abdrücke von besonderen Calamitenarten gefunden. Da in den Vogesen, wo diese Ablagerungen hauptsächlich vorkommen, sich keine Spur von Zechstein vorfindet, so hält man den Vogesensandstein für den Repräsentanten desselben.

Die Steinkohlenformation nimmt einen kleinen Raum auf der unbedeckten Erdoberfläche ein; denn sie kann in der That nur auf der Oberfläche des

silurischen und devon'schen Systems, das sich schon zuvor gebildet hatte, oder auch an den Rändern dieser Ablagerungen zu Tage treten. Kommt sie noch darüber hinaus vor, so ist sie nothwendig von allen später gebildeten Gesteinen, unter welchen man zuweilen die Steinkohle mit großen Kosten aufsucht, überdeckt. England und Belgien sind in Europa diejenigen Länder, welche am reichsten an Steinkohlenablagerungen sind; denn im ersteren Lande beträgt die Flächenausdehnung derselben $1/20$, im letzteren $1/24$ von der des Königreichs, während sie in Frankreich nur $1/200$ beträgt. In Deutschland sind Böhmen und das Saarbrücker Revier am reichsten daran; auch der nördliche Theil von Spanien scheint beträchtliche Kohlenlager einzuschließen; andere europäische Staaten sind viel ärmer an diesen werthvollen Ablagerungen, und Schweden, Norwegen, Rußland, Italien, Griechenland und die Schweiz ermangeln ihrer beinahe ganz. In den Schiefern und Sandsteinen der Steinkohlenformation haben die ergiebigen Quecksilberlager in Krain und in der Rheinpfalz ihren Sitz.

§. 134. Der Zechstein scheint die Grenze zwischen den älteren und späteren Flötzablagerungen zu bezeichnen; denn sowol in den fossilen Organismen, als in den Schichten über ihm läßt sich ein sehr merklicher Unterschied im Vergleich zu den älteren nicht verkennen. Erst mit dem Auftreten der auf den Zechstein folgenden Gruppe des bunten Sandsteins stellen sich die Reste von luftathmenden Wirbelthieren häufiger ein, und hinsichtlich der Schichten selbst ist das nunmehrige Ueberwiegen der Kalkerde über die bisher vorherrschende Thonerde unstreitig bezeichnend genug. Wenn manche Geognosten dieß Ueberwiegen der Kalkerde in den mittleren und jüngeren Flötzschichten dem mehr und mehr während dieser Periode sich entwickelnden thierischen Leben zuschreiben, so ist dieß wol nur so zu verstehen, daß die Thiere die Kalkerde, welche sie zu organischen Formen verarbeiteten, schon gebildet von Außen in sich aufnahmen, oder aus ihren Bestandtheilen zusammensetzten. „Eine Umwandlung anderer Stoffe, sagt Studer, z. B. der Bestandtheile des Meerwassers in Kalkerde (und Kieselerde) durch organische Kräfte ist zwar nicht geradezu unmöglich, da auch sonst diese Kräfte Vieles vermögen, was der darstellenden Chemie nicht gelingt; es läßt sich aber diese Annahme durch keinen direkten Versuch und kein analoges Faktum unterstützen, und bis dieses geschieht, kann sie nur als eine leere betrachtet werden." Kalk- und Sandsteine, stellenweise von beträchtlichen Mergellagern begleitet, wechseln im mittleren und jüngeren Flötzgestein vielfach mit einander ab; Thonschichten sind selten, und die Kalksteine bestehen oft fast allein aus den Exuvien untergegangener Thiere. Eine Uebereinstimmung mit den älteren normalen Gesteinen zeigen die mittleren und späteren Flötzgebirge nur darin, daß die Natur auch noch während der Periode ihrer Bildung es nicht zu der ganzen Formenreihe warmblütiger Wirbelthiere bringt, wodurch sich die

tertiären Schichten auszeichnen und dadurch der Gegenwart am nächsten kommen. Aber während in der nun folgenden Periode, deren Gebilde Viele als ein zusammenhängendes größeres Ganzes betrachten, fossile Thierreste in ungewöhnlicher Menge auftreten, sind die Pflanzenversteinerungen nirgends so zahlreich, wie in der vorigen oder folgenden; sie sind daher für die Schichten selbst nicht allemal so bezeichnend, wie die Thierversteinerungen. Wo in einem solchen Stratum stellenweise Versteinerungen fehlen, da kann nur das Verhältniß zu seinem Liegenden und Hängenden über das Alter und die Formation selbst Auskunft ertheilen, weil die bezeichnenden Merkmale für die einzelnen Schichten in ihnen selbst liegen.

Die erste Formation der mittleren Flötze bildet die obere Trias, bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper, mit einer ungefähren mittleren Mächtigkeit von 1700 Fuß. Weil in der oberen Trias die Steinsalzlager häufiger erscheinen, als in der unteren, so hat sie auch den Namen Salzgruppe erhalten. Die mächtigsten Schichten derselben bestehen aus sehr verschiedenartig gefärbten Sandsteinen, dem bunten Sandstein. Er ist quarzig, feinkörnig, manchmal bläulich, grünlich und weiß, gewöhnlich aber roth, wie denn die letztere Farbe durch das thonige Bindemittel für mehrere der mächtigsten und ausgedehntesten Sandsteinformationen charakteristisch ist. Man findet in ihm schichtenförmige Ablagerungen oder plattgedrückte Kugeln und nierenförmige Knollen von rothem Thon. Die gewöhnlich von Gyps und Anhydrit begleiteten, oft mehrmals mit einander abwechselnden Steinsalzlager kommen im bunten Sandstein in der Regel an der Grenze des Muschelkalkes vor, in Verbindung mit Salzthon, einem grauen oder schwärzlichen, Salz, Kohle und Bitumen enthaltenden Thon. Auch der Muschelkalk und Keuper nehmen diese Steinsalzlagen in ganz ähnlicher Weise zwischen sich. — Nicht so mächtig und ausgedehnt, wie der bunte Sandstein, ist der Muschelkalk, von den vielen Muscheln, die er einschließt, so genannt. Er fehlt stellenweise, wie namentlich in England und beinahe in ganz Frankreich; dicht, gewöhnlich hellgrau, mit ziemlich deutlicher Schichtung beginnt er mit wellenförmig unebenen Kalken, die daher Wellenkalk heißen und auf ähnlich geformten Dolomiten ruhen. Auf den Wellenkalk folgen gewöhnlich von Gyps und Anhydrit begleitete Salzlagen, die von reineren, rauchgrauen Kalken bedeckt sind. — Das dritte Glied dieser ausgebreiteten Formation, der Keuper (aus der Volkssprache im Koburgischen entlehnt), besteht aus mehrmals wechselnden Schichten von buntem Mergel und Sandstein. Die unteren Schichten desselben haben durch ihr stark thoniges Bindemittel Aehnlichkeit mit dem bunten Sandstein, von dem sie sich aber durch die graue, von Kohle herrührende Farbe unterscheiden. Der ihnen folgende verschiedenartig gefärbte Mergel ist anfangs noch thonig, später mehr kalkig und behält überall sein buntfarbiges Ansehen. Der grobkörnige

mittlere Sandstein ist stellenweise selbst konglomeratisch, erreicht die größte Mächtigkeit, ist gewöhnlich von weißlicher Farbe und vom obersten feinkörnigen, gelben Sandstein durch dunkelrothe, in's Bläuliche spielende Thone geschieden.

In dieser Periode erscheinen fort und fort, in ungeheurer Fülle namentlich im Muschelkalk, immer neue Formen von Seebewohnern, und im Allgemeinen zeigt sich, daß sie den heute lebenden schon näher kommen, als die der Kohlen- und Grauwackengruppe. Dasselbe gilt auch von den Pflanzen. Die Planetenoberfläche, die früher aus einer Welt vereinzelter Eilande bestand, also vorherrschenden Inselcharakter zeigte, hatte sich verändert. Die vielen erfolgten Hebungen hatten die Masse des trockenen Landes vergrößert; statt der einförmigen Vegetation der Eilande, mit einem Typus, wie ihn ihr die heiße Feuchte aufdrückte, näherten sich Allem nach die Verhältnisse allmälig schon mehr den jetzigen, wo die Unterschiede in Feuchtigkeit und Trockenheit, in Licht und Beschattung und in der Höhe über dem Meere mannigfache Standpunkte bilden, an welche die verschiedenen Familien der Gewächse mit ihrem Lebensprozeß gebunden sind. Der bunte Sandstein ist von dieser Formation diejenige Schicht, welche die meisten Vegetabilien enthält; die fossilen Reste desselben gehören zwar noch den Abtheilungen an, welche sich auch in der Steinkohlenformation repräsentirt finden, sie bilden ebenfalls Steinkohlenlagen, aber sie sind durch ihre Arten doch großentheils spezifisch von denen der früheren Formationen verschieden. Das Auftreten mehrerer neuen Pflanzen deutet auf einen Fortschritt in der Entwicklung der Erdoberfläche; zu diesen gehört im bunten Sandstein, noch mehr im Keuper, eine den Palmen ähnliche, kurzstämmige Pflanzenfamilie, deren lebende Stellvertreter auch noch heute in subtropischen Gegenden die Palmen repräsentiren. Man schließt daraus, daß nicht mehr überall auf der Erdoberfläche tropisches Klima geherrscht habe. Noch deutlicher zeigt sich der Fortschritt bei den in diesen Schichten begrabenen Thieren. An Landthieren zwar sind sie immer noch arm, aber im bunten Sandstein sind, nach §. 128, Spuren von Vögeln und selbst von Säugethieren aufgefunden worden, der ersten Repräsentanten warmblütiger Thiere. Der Muschelkalk ist die Hauptfundstätte einer ungemeinen Zahl von Mollusken, darunter gewisse Arten von Ammoniten bezeichnend sind, die dem Muschelkalk angehören. Die Belemniten (von belemnon, Wurfspieß), welche eine lange, enge, gekammerte, konische Muschel bewohnten, haben ihre untere Grenze im Keuper, ihre obere in der Kreide. An die Stelle der Trilobiten, die in der ganzen Formation fehlen, treten Krebse höherer Gattung auf. Die Eckschupper, Fische, die wir schon in den früheren Formationen getroffen, zeigen bereits hier, und noch deutlicher in den späteren Schichten, spezifische Unterschiede. Die Saurier, deren ältester Repräsentant im Kupferschieferflötz des Zechsteins gefunden worden, nehmen zu im Muschelkalk, im Keuper und in der Jura-

formation, wo sie ihr Maximum erreichen. Außer einigen krokodilartigen Gestalten finden sich in den Triasgliedern Saurier mit merkwürdig gewundener Zahnsubstanz und doppeltem Gelenkkopfe am Hinterhauptsbein, und im Muschelkalk mehrere Gattungen von Seedrachen mit flossenförmigen Gliedmaßen, einfachem Gelenkkopf am Hinterhaupt und verlängertem Halse. Die nähere Beschreibung dieser gewaltigen Amphibien folgt bei der nächsten Formation. Was die Fußspuren von Vögeln betrifft, welche im Jahr 1836 in einem Steinbruche am Fluß Connecticut auf Platten bunten Sandsteins entdeckt worden sind, so ist bei denselben immer die Schrittweite im Verhältniß mit der Größe des Fußeindrucks, und das Ganze sieht gerade so aus, wie wenn jetzt an einem schlammigen Ufer verschiedene Vögelarten durch einander gelaufen sind. Sämmtliche Spuren weisen unzweideutig auf Sumpfvögel oder sogenannte Stelzenläufer hin, und es ist merkwürdig, daß die Natur damals auch unter den Vögeln so riesenmäßige Gestalten geschaffen hat, wie unter den Amphibien; denn die größte jener Spuren ist 15 Zoll lang, ohne die zwei Zoll lange Kralle der Mittelzehe, der Schritt zwischen 4 und 6 Fuß weit, ein Schritt von 4 Fuß setzt aber ein 6 Fuß hohes Bein voraus, das des Strauß hat nur 4 Fuß, und da dieser größte der lebenden Vögel, wenn er steht, wol 8 Fuß hoch ist, so mögen die Vögel der sekundären Periode also immer 12 Fuß hoch gewesen sein. Die Pfoten, welche im Jahr 1834 im Sandsteine bei Hildburghausen gefunden wurden, sind unstreitig Abdrücke von einem Vierfüßer, den die meisten Zoologen für ein Beutelthier erklärt haben.

Diese große, durch regelmäßige Lagerung ausgezeichnete Formation breitet sich über das ganze mittlere Deutschland aus, wo sie einen bedeutenden Theil der Oberfläche bildet. Der bunte Sandstein namentlich findet sich in Baden und Hessen, zwischen dem Thüringer Wald und dem Harz, und ist in ganz Mitteleuropa von Bedeutung, indem er sich über Frankreich und England ausbreitet und östlich sich bis Polen und Rußland erstreckt. Während sich ihm in Deutschland der Muschelkalk anschließt, fehlt derselbe, wie schon früher bemerkt, in ganz England und beinahe in ganz Frankreich. Der Keuper ist in England, dem östlichen Frankreich, in Franken und Schwaben ausgedehnt.

§. 135. Die nächst jüngere Formation tritt sehr charakteristisch und in großer Ausdehnung im helvetischen und deutschen Jura auf, und weil derselbe oft als Anhaltepunkt für die Vergleichung gedient hat, so hat sie daher den Namen Juraformation erhalten. Die Engländer nennen sie Oolithgruppe, nach einem kalkigen Gliede derselben. Sie ist weit ärmer an Sandsteinen, als die frühere Formation, und besteht aus abwechselnden Lagen von mehr oder weniger sandigem Thon und verschiedenen Kalksteinarten. Alle ihre zahlreichen Schichten sind gleichförmig gelagert, was auf

eine lange Periode der Ruhe auf der Oberfläche von Europa hindeutet. Die Juraformation, deren Mächtigkeit durchschnittlich zu 2500 Fuß angenommen werden kann, wird in drei Gruppen getheilt, in eine untere, mittlere und obere. Die erste führt den Namen Lias (von der provinziellen Aussprache des englischen Wortes Layers, Lager), und besteht vorzugsweise aus einem grauen oder bläulichen Kalksteine, der von der großen Menge versteinerter Gryphäen (einer den Austern verwandten Muschelgattung) auch Gryphitenkalk genannt worden ist. Die oberen Schichten des Lias nehmen eine schiefrige Struktur an, und heißen deshalb Liasschiefer. Ziemlich überall ist der Lias durch Sandsteine unmittelbar bedeckt, deren Farbe durch ein kalkiges Bindemittel braunroth oder gelblich ist. Diese Liassandsteine rechnen die Einen noch zur unteren, die Anderen zur mittleren Gruppe der Juraformation, sie sind ärmer an Versteinerungen, aber ausgezeichnet durch die hie und da in ihnen vorkommenden Lagen von thonigem Eisenstein, wodurch sie sich von den unter dem Lias und über dem Keuper liegenden Sandsteinen unterscheiden. Der mittlere Jura in Deutschland ist von zwei Schichten von blauem Thon eingeschlossen und besteht aus jenem braunen, Thoneisen haltenden Liassandstein; in der Schweiz dagegen erreicht der kalkige Rogenstein oder Oolith das Uebergewicht in weit fortsetzenden, mächtigen Lagern, weiß, grau, röthlich. Von seiner Entstehung war §. 125 die Rede, er enthält runde Kalksteinkörner von der Größe des Mohnsaamens bis erbsengroß, schalig und oft Trümmer von Muscheln oder Sandkörner einschließend, auch dicht, enge gedrängt oder mehr zerstreut in einer Grundmasse von dichtem, oft sandigen und unreinem Kalkstein. Im mittleren England werden die Sandsteine des deutschen Jura durch Thonschichten ersetzt, während im nördlichen die Sandsteine wieder mächtiger werden. Die obere Thonschicht heißt in England Oxfordthon, der mehr oder weniger merglige Schichten und geschichtete Kalkmassen darbietet. Ueber diesen befindet sich der obere Jura, ein gelblicher, oder selbst weißer Kalkstein, der so sehr mit Polypengehäusen angefüllt ist, daß man ihn in England Korallen-Trümmergestein nennt. Er ist in technischer Beziehung sehr wichtig geworden, denn er liefert in seinen obersten Schichten, welche sehr deutlich schiefrig sind, das Material zu den lithographischen Darstellungen. Die Gegenden von Pappenheim und Solenhofen bei Eichstädt und die Ufer der Wernitz bei Nördlingen und Donauwörth sind die Hauptbruchorte des so wichtig gewordenen Lithographirsteins. Auf ihn folgt in England, in Frankreich und dem nördlichen Deutschland ein bituminöses Mergel- und Thonlager, welches nach seiner Hauptstelle Kimmridger Thon genannt wird, über welchem der obere Jura mit einer homogenen Kalkschicht von heller Farbe aufhört. Es ist der Portlandstein

der Engländer, der das wichtigste Material zu den Prachtbauten Londons liefert.

Unter dem ungeheuren Heere versteinerter Weichthiere dieser Periode treten namentlich Belemniten und Ammoniten in großer Mannigfaltigkeit auf. Ein sehr großer Ammonit, vom Umfange eines Wagenrades, findet sich häufig in der untersten Schicht des Lias, in den oberen sind Belemniten in mehrfacher Zahl vorhanden. Merkwürdig ist das Vorkommen von Tintenbeuteln, Thiere, deren ganze Bildung an die von Sepia erinnert. Man trifft sie oft mit Belemniten an, in deren Höhlen man sie sieht. Die Tinte oder Sepia, die man aus diesen fossilen Resten gewinnen kann, ist noch eben so gut, als diejenige, welche man aus dem gemeinen Tintenwurme bereitet und ist mit Erfolg zu Tusch benutzt worden. Die Juraformation enthält ferner zahlreiche Krebse, die in mehreren Punkten von den heutigen abweichen, und im Lias und den lithographischen Schiefern Insekten, besonders Wasserjungfern, die den jetzigen mehr gleichen. Fische und eine ganze Schaar von Reptilien kommen zu diesen Thieren hinzu, mannigfaltige Geschöpfe mit kaltem Blut, meist halb an das Wasser, halb an das Land gebunden. Schildkröten und Lacerten scheinen indeß damals ungleich mehr entwickelt gewesen zu sein, als Schlangen und Frösche, deren fossile Reste seltener vorkommen. Daraus folgt jedoch noch keineswegs eine relative Beschränkung dieser Typen, denn Schlangen und Frösche sind wesentlich Thiere des Landes und der süßen Wasser, und ihre Knochen konnten nur zufällig in Meeresbildungen gerathen sein. Bei dem damaligen Zustande des Festlandes, bei überall noch sehr heißer, brütender Temperatur, müssen wol den gewaltigen Eidechsen auch ähnliche Schlangen entsprochen haben. Der größte Theil der fossilen Reptilien besteht aus Eidechsen, die theils auf dem Lande, theils in Flußmündungen, gleich dem heutigen Krokodil, theils im Meere selbst lebten. Die fossilen Krokodile und Schildkröten sind häufig größer, als ihre lebenden Verwandten. Der Megalosaurus, ein krokodilartiges Ungeheuer von 45—50 Fuß Länge und mit Fußknochen wie ein schweres Landsäugethier, war ein Fleischfresser, der nach der Bildung seiner Extremitäten sich vorzugsweise auf dem Lande bewegte, und nur gelegentlich ins Wasser ging. Er glich im Allgemeinen der heutigen Warneidechse (Monitor). Das Iguanodon, ein Pflanzenfresser, glich dem heutigen, fünf Fuß langen Iguana der warmen Zone, maß aber gegen 60 Fuß. Unter den höchst seltsamen Reptilien dieser Gruppe treten im Liasschiefer solche auf, die keinem jetzt lebenden Thiere gleichen, und einen Organismus verrathen, wovon es in der heutigen Schöpfung kein Beispiel mehr gibt; sie sind völlig untergegangen und erinnern, was ihren Bau betrifft, an fabelhafte Thiere, an Eidechsen und Krokodile und zugleich an Fische und Säuge-

thiere. Aus ihren großen, ruderförmigen Gliedmaßen ersieht man, daß sie Wasserbewohner waren. Man hat sie Meereidechsen genannt und zwei Gattungen derselben, den Ichthyosaurus und Plesiosaurus, unterschieden. Der erstere, von dem 8 Arten bekannt sind, 20 bis 30 Fuß lang, lebte im Wasser und hatte statt der Füße mit getrennten Zehen platte, starke Ruder, ganz wie bei den Wallfischen. Die Kopfbildung ist diejenige eines Krokodils, von demselben aber wieder unterschieden durch die Lage der Nasenlöcher am hinteren Ende des Gesichtes dicht bei den Augen, was an die Vögel erinnert, ferner durch den großen aus Knochenplatten bestehenden Augenring, analog demjenigen bei Vögeln und Wallfischen, endlich durch die Wirbel, welche denen mancher Fische ähnlich sind. Besonders merkwürdig ist das von dem knöchernen Ring umgebene große Auge des Ichthyosaurus; dieser Ring diente dazu, die Achse des Auges willkürlich zu verlängern oder zu verkürzen. Der Ichthyosaurus war ein sehr gefräßiges Raubthier, und dieses große Sehorgan diente ihm dazu, seine Beute in jeder Meerestiefe und bei jeder Lichttemperatur zu erspähen. Der Plesiosaurus (Nachbareidechse, wegen des geselligen Vorkommens mit dem Ichthyosaurus, der Fischeidechse) ist der phantastische Seedrache; er hatte einen Eidechsenleib mit kurzem Schwanz und einem 30 Wirbel langen, schlangenartigen Hals, an dem ein kleiner Eidechsenkopf hing. Er lebte wahrscheinlich in seichten Seen und Flußmündungen, und sein langer Hals, der eine rasche Bewegung hinderte, scheint darauf hinzudeuten, daß er seine Beute mehr belauerte und beschlich, als erjagte. Daß diese in der See lebenden Thiere ihre Leichen an ihrem Aufenthaltsorte zurückgelassen, geht aus folgendem Punkte augenscheinlich hervor. Wo Ichthyosauren und Plesiosauren in Menge vorkommen, findet man meistens in derselben Schicht Massen ihres versteinerten Kothes, die sogenannten Koprolithen. Oft liegen diese Körper so dicht beisammen, daß sie eine mehrere Zoll starke Schicht bilden und das Ansehen aufgeschütteter Kartoffeln haben. Die Beobachtung, daß hin und wieder in Skeleten von Ichthyosauren die Gegend der Bauchhöhle mit derselben Kothmasse gefüllt ist, beseitigt jeden Zweifel über die Herkunft dieser Koprolithen. Da dieselben unverdaute Knochen, Zähne und Schuppen von Fischen, von anderen Reptilien und von Ichthyosauren selbst enthalten, so gab diese bunte Mischung Veranlassung zu ihrer Verarbeitung, ja man verfertigt daraus, was sonderbar genug klingt, sogar Tischplatten und Schmucksachen. Manche Straten der Juragruppe sind so erfüllt mit thierischem Fett, daß sie anbrennen und sich zur Darstellung von Erdöl benutzen lassen. Das seltsamste Geschöpf der Vorwelt ist aber der Pterodaktylus, die fliegende Eidechse, welche sich besonders im oberen Jura findet, aber auch im oberen Lias vorkommt. Hinsichtlich der Form des Kopfes und des Halses nähert sich der Pterodaktylus einem Vogel; Wirbel, Rippen, Becken, Ex-

tremitäten, die Anordnung der Zehen sind wie bei einer gewöhnlichen Eidechse, nur Ein Punkt stempelt das Thier zur Fledermaus unter den Reptilien. Die Knochen der letzten äußeren Zehe der vorderen Extremität sind ungemein verlängert, und bilden einen langen Stab mit mehreren Gelenken, der augenscheinlich dazu diente, eine Flughaut zu stützen, welche längs der vorderen Glieder und des Brustkastens angeheftet war. Der Pterodaktylus war gleich fähig zum Gehen und Fliegen, vielleicht auch zum Anhängen und Klettern auf Bäume und Felswände. Seine großen Augen lassen vermuthen, daß er, gleich der Fledermaus, ein Nachtthier war. Man kennt 7 Arten dieses, wie Humboldt es nennt, scheußlich wunderbaren Thieres. Die Insektenreste, die man mit ihren Ueberresten zu Sohlenhofen gefunden hat, zeigen ohne Zweifel auch die Thiere, welche diesem merkwürdigen Wesen zur Nahrung dienten. Außer diesen angeführten seltsamen Thierformen hat man im Jura auch Reste von Säugethieren gefunden, wahrscheinlich von Beutelthieren, die ganz gut in diese wunderbare Thierwelt hineinpassen. Die vielen ganz erhaltenen Skelete junger und alter Individuen der Saurier, der wohl erhaltene Zustand der Sepiabeutel und anderes mehr beweisen übrigens, daß viele der Bewohner des Meeres zur Zeit der Jurabildung entweder lebendig, oder gleich nach ihrem Absterben in die schlammige Masse eingeschlossen worden sind. Die zarten Theile hätten zerstört werden müssen, wenn sie nicht beim Leben dieser Thiere oder unmittelbar nach dem Tode von einem weichen Kalkbrei umwickelt worden, und vor der Einwirkung der Luft geschützt gewesen wären. — „Welch' ein überaus reiches und dabei eigenthümliches thierisches Leben verrathen nicht Umstände, sagt Burmeister, wie die genannten; wie lebhaft erwecken sie nicht in dem Beschauer so wunderbarer Friedhöfe die Lust nach einem Blick in jene ferne, über alle Bestimmungen hinaus liegende Zeit, wo Ungeheuer der seltsamsten Art mit den Merkmalen fabelhafter Gestalten, wie sie nur eine geniale Einbildungskraft ausdenken konnte, in den Wogen des unabsehbaren Weltmeers spielten und im Wettstreit der Bedürfnisse von vielen tausend dienstbaren Geschöpfen umgeben, dennoch ihre eigenen Genossen nicht schonten. Und sie alle in ihrer gräuelhaften, nur dem wissenschaftlichen Auge anziehend erscheinenden, Bildung vernichtete eine Katastrophe, welche dem heutigen Geschlechte seinen Boden zubereiten half und damit zugleich Gelegenheit gab, daß aus den scheinbar unklaren organischen Gemischen der Vorzeit, durch immer neuere und bessere Darstellungen geläutert, jene innere Harmonie einer völlig geregelten Ausführung entstehen konnte, welche die Gegenwart in der Form des Menschen hervorgebracht hat. Doch nicht deshalb waren sie da, um als mißrathene Muster der Folgezeit zu dienen; ihre Natur war dem Charakter ihrer Zeit und ihres Bodens gemäß, jugend-

lich roh wie jene, unvollständig gestaltet wie dieser. Erst als Festland und Weltmeer sich die Wage hielten, konnte der vollendete Organismus entstehen."

Die Juraformation hat im mittleren Europa eine sehr weite Ausdehnung, wo als Zentrum derselben das abgesonderte Gebirgsglied zu betrachten ist, welches an der Rhone entsteht und in fortlaufendem Zusammenhange in nordöstlicher Richtung über 100 Meilen weit bis an den oberen Main zieht. Am Südende, wo er, geographisch betrachtet, mit den Westalpen zusammenhängt, wird der Jura von der Rhone durchbrochen, und bildet dann nördlich von diesem Durchbruche das Grenzgebirge zwischen der Schweiz und Frankreich. Dieser Jura ist ausgezeichnet durch den Rogenstein, die reichen Thoneisenlager und die Menge von Gyps, die sich darin finden. Zwischen Schaffhausen und Rheinfelden von der Aare und dem Rhein aufs Neue durchbrochen und durchwühlt, geht er nördlich zur Donau, die ihn ebenfalls durchbricht, zieht nordöstlich immer längs des Stromlaufs der Donau bis zur Mündung der Naab. Auf dieser Strecke, die, wie die von der Rhone zum Rhein, ebenfalls 40 Meilen mißt, heißt er der schwäbische Jura, oder die rauhe Alp. Diese fällt gegen Nordwest steil, gegen Südost sanft ab, und hat auf dem letzteren Abhang zur obersten Schicht den Korallenkalkstein, der sich durch seine Weiße auszeichnet. An der Naab verändert das Gebirg seine bisherige Nordostrichtung in eine nördliche und zieht, unter dem Namen des Frankenjura, über 20 Meilen weit und parallel mit der Streichungslinie des Böhmerwaldes und des Fichtelgebirges bis zur Mündung der Rodach in den Main. Dieser Jura ist charakterisirt durch das Auftreten mächtiger Dolomitmassen, die wir an geeigneten Punkten überall antreffen, wo die neptunischen Kalkniederschläge den aus offenen Spalten hervorgetretenen plutonischen Gesteinen parallel laufen. Diesem Jura entspricht in Frankreich ein ähnlicher, der als ein breiter Streifen sich von La Rochette durch Poitiers, Chateauroux, Bourges, Auxerre, Chaumont, Nancy bis Luxemburg ausdehnt, wo er in den alten Schiefern der Eifel und des Ardennenwaldes endigt, während er südöstlich von Chaumont sich mit dem Schweizerjura verbindet. Ein anderer französischer Jura löst sich von diesem ab und geht durch Angouleme bis Avignon, so daß er mit dem ersteren das Zentralplateau von Frankreich einhüllt. Ein dritter französischer Jura endlich geht nördlich von Angers durch Alençon am Fuße älterer Formationen durch die Bretagne und Normandie bis zu den Felsen des Calvados. England hat nur einen, aber sehr breiten Jurastreifen, der südlich an den Küsten von Dorset beginnt und in der Richtung über Oxford, Northampton, Lincoln zur Mündung des Humber geht, wo er endet. Nordwärts davon liegen die mächtigen Steinkohlenlager, denen England sein industrielles Uebergewicht verdankt. In den Alpen ist die Juraformation auffallend modificirt durch das Auftreten krystallinischer Gesteine, welche ihre

tremitäten, die Anordnung der Zehen sind wie bei einer gewöhnlichen Eidechse, nur Ein Punkt stempelt das Thier zur Fledermaus unter den Reptilien. Die Knochen der letzten äußeren Zehe der vorderen Extremität sind ungemein verlängert, und bilden einen langen Stab mit mehreren Gelenken, der augenscheinlich dazu diente, eine Flughaut zu stützen, welche längs der vorderen Glieder und des Brustkastens angeheftet war. Der Pterodaktylus war gleich fähig zum Gehen und Fliegen, vielleicht auch zum Anhängen und Klettern auf Bäume und Felswände. Seine großen Augen lassen vermuthen, daß er, gleich der Fledermaus, ein Nachtthier war. Man kennt 7 Arten dieses, wie Humboldt es nennt, scheußlich wunderbaren Thieres. Die Insektenreste, die mau mit ihren Ueberresten zu Sohlenhofen gefunden hat, zeigen ohne Zweifel auch die Thiere, welche diesem merkwürdigen Wesen zur Nahrung dienten. Außer diesen angeführten seltsamen Thierformen hat man im Jura auch Reste von Säugethieren gefunden, wahrscheinlich von Beutelthieren, die ganz gut in diese wunderbare Thierwelt hineinpassen. Die vielen ganz erhaltenen Skelete junger und alter Individuen der Saurier, der wohl erhaltene Zustand der Sepiabeutel und anderes mehr beweisen übrigens, daß viele der Bewohner des Meeres zur Zeit der Jurabildung entweder lebendig, oder gleich nach ihrem Absterben in die schlammige Masse eingeschlossen worden sind. Die zarten Theile hätten zerstört werden müssen, wenn sie nicht beim Leben dieser Thiere oder unmittelbar nach dem Tode von einem weichen Kalkbrei umwickelt worden, und vor der Einwirkung der Luft geschützt gewesen wären. — „Welch' ein überaus reiches und dabei eigenthümliches thierisches Leben verrathen nicht Umstände, sagt Burmeister, wie die genannten; wie lebhaft erwecken sie nicht in dem Beschauer so wunderbarer Friedhöfe die Lust nach einem Blick in jene ferne, über alle Bestimmungen hinaus liegende Zeit, wo Ungeheuer der seltsamsten Art mit den Merkmalen fabelhafter Gestalten, wie sie nur eine geniale Einbildungskraft ausdenken konnte, in den Wogen des unabsehbaren Weltmeers spielten und im Wettstreit der Bedürfnisse von vielen tausend dienstbaren Geschöpfen umgeben, dennoch ihre eigenen Genossen nicht schonten. Und sie alle in ihrer gräuelhaften, nur dem wissenschaftlichen Auge anziehend erscheinenden, Bildung vernichtete eine Katastrophe, welche dem heutigen Geschlechte seinen Boden zubereiten half und damit zugleich Gelegenheit gab, daß aus den scheinbar unklaren organischen Gemischen der Vorzeit, durch immer neuere und bessere Darstellungen geläutert, jene innere Harmonie einer völlig geregelten Ausführung entstehen konnte, welche die Gegenwart in der Form des Menscheu hervorgebracht hat. Doch nicht deshalb waren sie da, um als mißrathene Muster der Folgezeit zu dienen; ihre Natur war dem Charakter ihrer Zeit und ihres Bodens gemäß, jugend-

lich roh wie jene, unvollständig gestaltet wie dieser. Erst als Festland und Weltmeer sich die Wage hielten, konnte der vollendete Organismus entstehen."

Die Juraformation hat im mittleren Europa eine sehr weite Ausdehnung, wo als Zentrum derselben das abgesonderte Gebirgsglied zu betrachten ist, welches an der Rhone entsteht und in fortlaufendem Zusammenhange in nordöstlicher Richtung über 100 Meilen weit bis an den oberen Main zieht. Am Südende, wo er, geographisch betrachtet, mit den Westalpen zusammenhängt, wird der Jura von der Rhone durchbrochen, und bildet dann nördlich von diesem Durchbruche das Grenzgebirge zwischen der Schweiz und Frankreich. Dieser Jura ist ausgezeichnet durch den Rogenstein, die reichen Thoneisenlager und die Menge von Gyps, die sich darin finden. Zwischen Schaffhausen und Rheinfelden von der Aare und dem Rhein aufs Neue durchbrochen und durchwühlt, geht er nördlich zur Donau, die ihn ebenfalls durchbricht, zieht nordöstlich immer längs des Stromlaufs der Donau bis zur Mündung der Raab. Auf dieser Strecke, die, wie die von der Rhone zum Rhein, ebenfalls 40 Meilen mißt, heißt er der schwäbische Jura, oder die rauhe Alp. Diese fällt gegen Nordwest steil, gegen Südost sanft ab, und hat auf dem letzteren Abhang zur obersten Schicht den Korallenkalkstein, der sich durch seine Weiße auszeichnet. An der Raab verändert das Gebirg seine bisherige Nordostrichtung in eine nördliche und zieht, unter dem Namen des Frankenjura, über 20 Meilen weit und parallel mit der Streichungslinie des Böhmerwaldes und des Fichtelgebirges bis zur Mündung der Rodach in den Main. Dieser Jura ist charakterisirt durch das Auftreten mächtiger Dolomitmassen, die wir an geeigneten Punkten überall antreffen, wo die neptunischen Kalkniederschläge den aus offenen Spalten hervorgetretenen plutonischen Gesteinen parallel laufen. Diesem Jura entspricht in Frankreich ein ähnlicher, der als ein breiter Streifen sich von La Rochette durch Poitiers, Chateauroux, Bourges, Auxerre, Chaumont, Nancy bis Luxemburg ausdehnt, wo er in den alten Schiefern der Eifel und des Ardennenwaldes endigt, während er südöstlich von Chaumont sich mit dem Schweizerjura verbindet. Ein anderer französischer Jura löst sich von diesem ab und geht durch Angouleme bis Avignon, so daß er mit dem ersteren das Zentralplateau von Frankreich einhüllt. Ein dritter französischer Jura endlich geht nördlich von Angers durch Alençon am Fuße älterer Formationen durch die Bretagne und Normandie bis zu den Felsen des Calvados. England hat nur einen, aber sehr breiten Jurastreifen, der südlich an den Küsten von Dorset beginnt und in der Richtung über Oxford, Northampton, Lincoln zur Mündung des Humber geht, wo er endet. Nordwärts davon liegen die mächtigen Steinkohlenlager, denen England sein industrielles Uebergewicht verdankt. In den Alpen ist die Juraformation auffallend modificirt durch das Auftreten krystallinischer Gesteine, welche ihre

Masse überall gehoben haben. Statt der Jurakalksteine trifft man auf gefärbten Marmor jeder Art, und die thonigen und sandigen Gebilde sind in verschiedene Schiefer, in Grauwacken, die mit denen der alten Formationen zu vergleichen sind, in Quarzfels und in Glimmerschiefer u. s. w. umgewandelt.

§. 136. Die letzte Gruppe der sekundären Gebirge, durch einige der bedeutendsten Salzlagerstätten ausgezeichnet, wird durch die Kreideformation gebildet. Als sie sich ablagerte, mußten alle weit verbreiteten gewaltsamen Erdumwälzungen schon größtentheils beschwichtigt sein, denn die Kreideflötze liegen in weiten Erstreckungen regelmäßig und in nur geringen Neigungen über einander, und wo dies meist der Fall ist, muß die stärkere Neigung der Schichten lokalen Störungen zugeschrieben werden. Die mittlere Mächtigkeit der Kreideformation beträgt 1500 bis 2000 Fuß. Wenn man von Kreide spricht, so pflegt man gemeinhin darunter den weißen abfärbenden Kalk zu verstehen, der bekanntlich als Schreib- und Farbmaterial benutzt wird. Im geognostischen Sinne ist aber dieser Begriff weiter auszudehnen, indem jener weiße Kalk nur eines unter den verschiedenen Gliedern der Kreideformation bildet. Die ersten Ablagerungen, die sich auf den von der Juraformation gehobenen Schichtenköpfen gebildet haben, bestehen aus Mergeln und gelblichen Kalksteinen, die mehr oder weniger grob und durch viele Reste von Muscheln und Polypen charakterisirt sind. Dieses Glied heißt Neocomia (von Neocomium, Neuenburg); es wurde anfangs nicht von den unteren Theilen der Kreideformation unterschieden, findet sich jedoch in der Schweiz, wo man es zuerst als eine besondere Ablagerung erkannte, in einem großen Theile von Frankreich, in verschiedenen Gegenden Deutschlands, in Polen und bis in die Krim hinein. Hie und da bemerkt man darin mehr oder weniger beträchtliche Gypslager. Die übrigen Glieder der Kreidegruppe bestehen, wie in der Juraformation, vorzugsweise aus Kalk- und Sandsteinen, worunter die Ablagerungen des Quadersandsteins und der Kreide die mächtigsten sind. Zuunterst treten in Deutschland und Frankreich gewöhnlich Sand- und Kalksteine auf, in England dagegen wechsellagernde Schichten von dichterem Kalk mit mehr oder weniger eisenhaltigen Sand- und Thonlagen. In großer Ausdehnung erscheinen diese Gebilde in den Grafschaften Kent, Surrey und Sussex, und werden unter dem Namen Wäldergruppe zusammengefaßt, in welcher sich der Purbekkalk, der Hastingssand und der Wälderthon als besondere Lagen unterscheiden. Diese Wäldergruppe ist namentlich in England ausgezeichnet durch ihre bedeutenden Ablagerungen verbrennlicher Stoffe, der sogenannten Lignite, die ihre Bildung ohne Zweifel durch Flüsse herbeigeführten Coniferen und holzigen Stämmen größerer Dicotyledonen verdanken. Außer diesen Braunkohlenablagerungen sind diese Schichten noch merkwürdig durch die zahlreichen Reste von Süßwasser- und Landthieren,

die sie einschließen, indem diese Verhältnisse auf einen Ursprung dieser Kreidegebilde aus süßen, von höher gelegenen Gegenden herabgekommenen Gewässern hinweisen und zugleich ihr vereinzeltes lokales Auftreten erklären. — Unter die eigentlichen Glieder der Kreidegruppe gehört zuvörderst der Quadersandstein, ohne sichtbares Cement verbundene Quarzsandkörner von graulicher Farbe (eigentlicher Quadersandstein), oder der Quarzsandstein ist durch ein thoniges, häufiger kalkiges Bindemittel verkittet, und dann heißt dieser feinkörnige Sandstein oder sandige Kalkstein Glauconie. Die deutlichen und regelmäßigen Schichten des Quadersandsteins, gewöhnlich horizontal, wachsen zuweilen zu Bänken von 30 Fuß und darüber an. Weit geöffnete Spalten durchziehen oft seine Massen unter Winkeln, welche den rechten meist nahe kommen. Durch solche Spalten, verbunden mit den Schichtungsklüften, entstehen die würfligen Blöcke oder Quader, die die Felsart zum Abbau eignen, wie in der sächsischen Schweiz, und ihr den Namen gegeben haben. Diese Zerklüftungen befördern natürlich die Verwitterung des Gesteins außerordentlich und verleihen ihm ein merkwürdiges pyramiden-, säulen- und obeliskenförmiges Ansehen, jene mannigfaltigen, oft abenteuerlichen Bildungen mit unersteiglichen Mauern, zackigen Massen und Felshallen, oder verursachen jene abgestutzten, von hohen Aufschüttungen der verwitternden Wände an ihrem Fuß umgebenen Kegelberge, wie dergleichen Bildungen die Teufelsmauer am nördlichen Fuße des Harzes, die sonderbaren, oft überraschenden Formen der sächsischen Schweiz und andere mehr sind. In manchen Gegenden, namentlich in England, ist das Cement des Quadersandsteins nicht bloß reiner Thon oder Kalk, sondern eine Mischung von diesem und erdigem Talk (Grünerde), wovon das Gestein grüner Sandstein oder Grünsand heißt. Zwischen ihm nimmt eine Reihe von bläulich grünen Thonlagern, die unten in Mergellager übergehen, ihre Stelle ein, welche nach einem englischen Provinzialausdruck Gault genannt werden. — Das folgende Glied der Kreidegruppe ist ein Kalkstein, der sich zuerst mit Sandsteinen mischt, sich hierauf isolirt und zuerst in großer Menge grüne Körner (eine Chlorit ähnliche Substanz) einschließt, die weiter hinauf allmälig verschwinden. Dieses Gebilde ist die grüne oder chloritische Kreide. Bei gänzlichem Verschwinden der grünen Körner stellt der Kalk bald thonige und sandige Kalke, den Plänerkalk, bald die reine Kreide dar, die fest und zuweilen sehr dicht wird. Die meisten dieser Kreideablagerungen verlaufen sich übrigens auf unmerkliche Weise in einander. Bei Maastricht macht nicht, wie sonst gewöhnlich, die reine weiße Kreide das Oberste aus, sondern ein weiches, lichtgelbes Gestein, der Kreidetuff, in welchem (im Petersberge) großartige Steinbruchbauten betrieben werden, deren ungeheurer Umfang, wie Manche behaupten, für 40000 Menschen Raum genug darbieten soll. — Das zweite Hauptgestein unserer Formation

Masse überall gehoben haben. Statt der Jurakalksteine trifft man auf gefärbten Marmor jeder Art, und die thonigen und sandigen Gebilde sind in verschiedene Schiefer, in Grauwacken, die mit denen der alten Formationen zu vergleichen sind, in Quarzfels und in Glimmerschiefer u. s. w. umgewandelt.

§. 136. Die letzte Gruppe der sekundären Gebirge, durch einige der bedeutendsten Salzlagerstätten ausgezeichnet, wird durch die Kreideformation gebildet. Als sie sich ablagerte, mußten alle weit verbreiteten gewaltsamen Erdumwälzungen schon größtentheils beschwichtigt sein, denn die Kreideflötze liegen in weiten Erstreckungen regelmäßig und in nur geringen Neigungen über einander, und wo dies meist der Fall ist, muß die stärkere Neigung der Schichten lokalen Störungen zugeschrieben werden. Die mittlere Mächtigkeit der Kreideformation beträgt 1500 bis 2000 Fuß. Wenn man von Kreide spricht, so pflegt man gemeinhin darunter den weißen abfärbenden Kalk zu verstehen, der bekanntlich als Schreib- und Farbmaterial benutzt wird. Im geognostischen Sinne ist aber dieser Begriff weiter auszudehnen, indem jener weiße Kalk nur eines unter den verschiedenen Gliedern der Kreideformation bildet. Die ersten Ablagerungen, die sich auf den von der Juraformation gehobenen Schichtenköpfen gebildet haben, bestehen aus Mergeln und gelblichen Kalksteinen, die mehr oder weniger grob und durch viele Reste von Muscheln und Polypen charakterisirt sind. Dieses Glied heißt Neocomia (von Neocomium, Neuenburg); es wurde anfangs nicht von den unteren Theilen der Kreideformation unterschieden, findet sich jedoch in der Schweiz, wo man es zuerst als eine besondere Ablagerung erkannte, in einem großen Theile von Frankreich, in verschiedenen Gegenden Deutschlands, in Polen und bis in die Krim hinein. Hie und da bemerkt man darin mehr oder weniger beträchtliche Gypslager. Die übrigen Glieder der Kreidegruppe bestehen, wie in der Juraformation, vorzugsweise aus Kalk- und Sandsteinen, worunter die Ablagerungen des Quadersandsteins und der Kreide die mächtigsten sind. Zuunterst treten in Deutschland und Frankreich gewöhnlich Sand- und Kalksteine auf, in England dagegen wechsellagernde Schichten von dichterem Kalk mit mehr oder weniger eisenhaltigen Sand- und Thonlagen. In großer Ausdehnung erscheinen diese Gebilde in den Grafschaften Kent, Surrey und Sussex, und werden unter dem Namen Wäldergruppe zusammengefaßt, in welcher sich der Purbekkalk, der Hastingssand und der Wälderthon als besondere Lagen unterscheiden. Diese Wäldergruppe ist namentlich in England ausgezeichnet durch ihre bedeutenden Ablagerungen verbrennlicher Stoffe, der sogenannten Lignite, die ihre Bildung ohne Zweifel durch Flüsse herbeigeführten Coniferen und holzigen Stämmen größerer Dicotyledonen verdanken. Außer diesen Braunkohlenablagerungen sind diese Schichten noch merkwürdig durch die zahlreichen Reste von Süßwasser- und Landthieren,

die sie einschließen, indem diese Verhältnisse auf einen Ursprung dieser Kreidegebilde aus süßen, von höher gelegenen Gegenden herabgekommenen Gewässern hinweisen und zugleich ihr vereinzeltes lokales Auftreten erklären. — Unter die eigentlichen Glieder der Kreidegruppe gehört zuvörderst der Quadersandstein, ohne sichtbares Cement verbundene Quarzsandkörner von graulicher Farbe (eigentlicher Quadersandstein), oder der Quarzsandstein ist durch ein thoniges, häufiger kalkiges Bindemittel verkittet, und dann heißt dieser feinkörnige Sandstein oder sandige Kalkstein Glauconie. Die deutlichen und regelmäßigen Schichten des Quadersandsteins, gewöhnlich horizontal, wachsen zuweilen zu Bänken von 30 Fuß und darüber an. Weit geöffnete Spalten durchziehen oft seine Massen unter Winkeln, welche den rechten meist nahe kommen. Durch solche Spalten, verbunden mit den Schichtungsklüften, entstehen die würfligen Blöcke oder Quader, die die Felsart zum Abbau eignen, wie in der sächsischen Schweiz, und ihr den Namen gegeben haben. Diese Zerklüftungen befördern natürlich die Verwitterung des Gesteins außerordentlich und verleihen ihm ein merkwürdiges pyramiden-, säulen- und obeliskenförmiges Ansehen, jene mannigfaltigen, oft abenteuerlichen Bildungen mit unersteiglichen Mauern, zackigen Massen und Felshallen, oder verursachen jene abgestutzten, von hohen Aufschüttungen der verwitternden Wände an ihrem Fuß umgebenen Kegelberge, wie dergleichen Bildungen die Teufelsmauer am nördlichen Fuße des Harzes, die sonderbaren, oft überraschenden Formen der sächsischen Schweiz und andere mehr sind. In manchen Gegenden, namentlich in England, ist das Cement des Quadersandsteins nicht bloß reiner Thon oder Kalk, sondern eine Mischung von diesem und erdigem Talk (Grünerde), wovon das Gestein grüner Sandstein oder Grünsand heißt. Zwischen ihm nimmt eine Reihe von bläulich grünen Thonlagern, die unten in Mergellager übergehen, ihre Stelle ein, welche nach einem englischen Provinzialausdruck Gault genannt werden. — Das folgende Glied der Kreidegruppe ist ein Kalkstein, der sich zuerst mit Sandsteinen mischt, sich hierauf isolirt und zuerst in großer Menge grüne Körner (eine Chlorit ähnliche Substanz) einschließt, die weiter hinauf allmälig verschwinden. Dieses Gebilde ist die grüne oder chloritische Kreide. Bei gänzlichem Verschwinden der grünen Körner stellt der Kalk bald thonige und sandige Kalke, den Plänerkalk, bald die reine Kreide dar, die fest und zuweilen sehr dicht wird. Die meisten dieser Kreideablagerungen verlaufen sich übrigens auf unmerkliche Weise in einander. Bei Maastricht macht nicht, wie sonst gewöhnlich, die reine weiße Kreide das Oberste aus, sondern ein weiches, lichtgelbes Gestein, der Kreidetuff, in welchem (im Petersberge) großartige Steinbruchbauten betrieben werden, deren ungeheurer Umfang, wie Manche behaupten, für 40000 Menschen Raum genug darbieten soll. — Das zweite Hauptgestein unserer Formation

und zugleich das oberste Glied derselben ist die allbekannte weiße Kreide. Ihrer chemischen Beschaffenheit nach von den Kalken der älteren Formationen nicht verschieden, enthält sie aber, wie wir aus §. 127 wissen, mikroskopische Polythalamienschalen in so erstaunlicher Menge, daß mehr als zwei Drittheile der ganzen Kreidemasse aus ihnen besteht, und in derselben durch erdige Kalktheilchen mit einander verbunden sind. Aber nur die weiße, erdige, weiche Kreide ist so vorwiegend organischen Ursprungs. Vorzüglich merkwürdig ist das Verhältniß dieser Kreide, sowie auch anderer Kalksteine, zu gewissen kieseligen Mineralien, namentlich zum Feuerstein. Er besteht fast ganz aus Kieselerde und bildet vielgestaltige, meist kugelige und nierenförmige Massen, die oft einzeln, meist aber in dunkelfarbigen Schichten die Kreide durchziehen. An anderen Orten, namentlich in den Kreidegebilden der Gegenden am Mittelmeer, sind statt größerer gesonderter Knollen viele kleine Kieselkörner durch die Kalkmasse zerstreut oder schichtenweise zwischen die Kreide eingeknetet. Ehrenberg untersuchte mit dem Mikroskop feine Splitter und dünn geschliffene durchsichtige Blättchen von Feuerstein und unterschied darin bald unversehrt, bald zerbrochen, bald zerstreut und undeutlich, bald in gedrängten Massen die Panzer der Kieselthiere. Es hat sich demzufolge in der nordeuropäischen Kreide, die immer Feuersteinknollen zeigt, die Kiesel- und Kalkmasse gesondert, und die südeuropäische Kreide, derer Schichten statt von Feuersteinen von Kreidemergeln durchsetzt sind, scheint über diese Sonderung Aufschluß zu geben. Dieser Kreidemergel besteht aus Resten von Kieselthieren, unter die sich nicht wenige von Kalkthieren mischen. Da nun im Norden von Europa die Kreide keine solche Mergellager zeigt, so nimmt man an, daß die aus isolirten Knollen bestehenden Feuersteinschichten, die im Durchschnitt immer bedeutend schwächer sind als die des Mergels, ursprünglich auch solche lose Massen von losem Kieselmehl zwischen den Kreidebänken gewesen seien, und daß, so lange das Ganze nicht erhärtet war, unter gewissen Umständen durch irgend einen chemischen oder galvanischen Prozeß die organische Kieselerde kugelig geballt und zugleich zersetzt worden sei, und in Folge innerer Umwandlung jetzt größtentheils als homogene unorganische Masse erscheine. Vielleicht daß die weiße Kreide selbst einem solchen Prozesse ihre Beschaffenheit verdankt. Die noch jetzt den Feuersteinen eingesprengten Infusorienpanzer sind, nach dieser Ansicht, diejenigen, welche der Zusammensinterung entgangen und als Wahrzeichen des ursprünglichen Zustandes sich ganz oder theilweise erhalten haben. Sind die Mergellager der südeuropäischen Kreide, wie sehr wahrscheinlich ist, das Analogon der Feuersteinknollen der Kreide in Nordeuropa, so läßt sich der Umstand, daß sie unvereinigt geblieben, nur daraus erklären, daß die Bedingungen fehlten, jenen Umwandlungsprozeß einzuleiten. Für diese Ansicht spricht übrigens auch noch die nicht krystallinische Textur der Feuersteine, sowie ein besonderer, schwar-

zer, brauner oder gelblicher Farbestoff in ihnen, den einige Beobachter für den Rest des flüssigen Theiles der Organismen erklären, wie man die Kieselerde selbst für das Produkt ihrer festen Schalen halten muß. — Die Kreide tritt übrigens nur in gewissen Gegenden als weiße Erde auf, anderwärts bildet sie einen grauen, gelben, grünlichen, selbst rothen dichteren und festeren Kalkstein; zuweilen nimmt sie auch einen oolithischen Charakter an, oder wird merglig, sogar talkerdig, und zwar an Orten, die von krystallinischen Substanzen weit entfernt sind.

Was die fossilen Reste der Kreidegruppe betrifft, so gewahrt man auch hier noch, wie in der Juraformation, wenn schon in geringerer Zahl, alle jene Anachronismen der Einbildungskraft, die Drachen und Lindwürmer der Fabel und Heraldik, neben Krokodillen, Schildkröten und einer großen Zahl von Mollusken. Die Repräsentanten von Meeresbewohnern, deren Reste mannigfaltiger Art in der Kreide begraben liegen, näheren sich immer mehr den heutigen Verhältnissen in Zahl und Form der Gattungen wie Arten. Dabei gehört die Art und Weise, wie sich selbst die gebrechlichsten Organismen in ihrer Form fast unverletzt erhalten haben, zu den auffallendsten Zügen unter sämmtlichen petrefaktenführenden normalen Gesteinarten. Die Verbreitung der fossilen Reste ist aber sehr ungleichmäßig, indem einzelne Glieder der Gruppe, wenigstens stellenweise, ganz frei davon gefunden werden. Die mittleren und unteren Glieder sind reicher daran, als die weiße Kreide, namentlich sind die Versteinerungen im Grünsand und in der chloritischen Kreide sehr mannigfaltig. Die bezeichnendsten organischen Merkmale erhalten die einzelnen Kreideglieder durch Schalthiere, und ebenso zeigen sich Radiarien (Strahlenthiere) und Echiniten (Seeigel) sehr entwickelt, besonders in jenen Schichten, welche zugleich häufige Korallenreste einschließen. Zahllose Schalthiere von zartestem Bau sieht man ganz in dem Zustande, als wären sie noch bewohnt; allein an die Stelle der Thiere ist kohlensaure Kalkerde getreten. Für die oberen Schichten der Neocomie und die untersten der wahren Kreide sind die sonderbaren Hippuriten bezeichnend, wolken-, trichter- oder röhrenförmige Kalkgebilde, in deren Trichter ein kegelförmiger Deckel wie ein umgekehrter Trichter steckt, der mit dem ersteren in keiner unmittelbaren Berührung steht; beide bestehen aus feinen sechsseitigen, wagrecht gestellten Röhrchen, die in merklich abgesetzten Etagen über einander liegen. Sie finden sich bloß in der Kreide und fehlen älteren wie jüngeren Schichten ganz. Die Belemniten und Ammoniten, die uns schon in früheren Gruppen begegnet sind, und von welchen mehrere Arten der Kreide eigenthümlich angehören, erlöschen in derselben und treten später nicht mehr auf. Dagegen kommen in Neocomie zum Erstenmal Muscheln vor, die in die tertiären Schichten hinüberreichen, sogenannte Nummuliten (Pfennigsteine), meist flach gerundete, scheibenförmige Schalen;

einzelne Arten des Geschlechts finden sich noch lebend, die fossilen reichen in zahlloser Menge bis in die Kreide hinab und wechseln von mikroskopischer Kleinheit bis anderthalb Zoll Durchmesser. Was die Fische betrifft, so zeigen sich die Eckschupper (Ganoiden) in der Kreide gleichfalls noch, doch sind in ihr die Knorpelfische, z. B. Haifische, überwiegend, und die Wäldergruppe enthält entschieden die ersten Süßwasserfische, namentlich Welse. Zu den phantastischen Ungeheuren des Jura, die, wie schon bemerkt, auch noch in der Kreide erscheinen, kommt der Mosasaurus, bekannt unter dem Namen des großen Thieres von Maastricht. Er ist sowol mit Krokodillen als Eidechsen verwandt, scheint aber letzteren Thieren näher gestanden zu haben, und muß nach den vorhandenen Kopfskeleten dieses Thieres zu schließen, 24 Fuß lang gewesen sein. Vögelknochen kommen im Grünsand und Wäldergebilde vor, aber nur sparsam, dagegen sind von Säugethieren bis jetzt keine Spuren nachgewiesen worden. — Was die vegetabilischen Reste betrifft, so liegen diese nur an wenigen Orten in den Kreideschichten begraben, und dabei kommen, stets beschränkt auf gewisse Flötze, Gewächse des Landes, des Süßwassers und des Meeres vor. Dieß deutet offenbar auf eine von bewaldeten Meeresgebieten zu unterscheidende Binnenlandflora, d. i. auf einen bereits größeren Umfang der Festländer jener Periode, auf keinen allein mehr vorherrschenden Inseltypus der Erdoberfläche. Die fossilen Pflanzen zeigen aber immer noch, im Vergleich zur heutigen Flora, fremdartige Formen, zugleich aber auch eigenthümliche, von den Pflanzen des Jura verschiedene Arten. Gewisse Arten von Seealgen sind im Grünsand in solcher Menge, daß sie zur Benennung Fucoidensandstein Veranlassung gaben. An Coniferenresten fehlt es nicht, und daneben erscheinen dann auch deutlich Laubhölzer, als erste Repräsentanten höherer Dicotyledonen. Im Wälderthon kommen Farrenkräuter vor und noch ein Calamit, der letzte Sproß seines Stammes. Gewisse Blätterabdrücke werden Weiden, Pappeln, Haselnüssen, Platanen, Linden, oder wenigstens verwandten Gattungen zugeschrieben.

Was die Ausdehnung der Kreideformation betrifft, so haben die einzelnen Gruppen derselben eine ungemeine Verbreitung. In England erstreckt sie sich, zum Theil als weiße Kreide mit Feuersteinknollen, von der Ostküste von Dorset bis Norfolk, füllt also den größten Theil des Bassins zwischen der Oolithengruppe und dem Meere aus, und ist nur auf der Mitte dieses Flächenraums durch jüngere Schichten bedeckt. In Irland ruhen die Basaltsäulen von Antrim auf Kreide. In Frankreich füllt sie das große Becken zwischen dem Jurakalk, indem sie sich fast überall auf dem äußersten Rande der jurassischen Streifen findet, einerseits gegen das Becken von Paris, andrerseits am Rande des Beckens an der Garonne, sodann in der ganzen Länge der Pyrenäenkette, am östlichen Abhang der Sevennen längs der Berge der

Dauphiné bis in die Provence. In Belgien dehnt sich die Kreide von Brüssel, über Maastricht bis Aachen aus, und erstreckt sich in Deutschland vom Rhein am Nordfuß des niederrheinischen Schiefergebirges bis an den Südrand des teutoburger Waldes, tritt ferner am Nordrand der Weserkette und des Harzgebirges, dann in Böhmen, am Fuße der Sudeten und des Riesengebirges westlich bis Dresden als Quadersandstein auf. An den nach Osten gewendeten Küsten der Inseln Rügen, Moen und Seeland, sowie an der gegenüber liegenden Küste von Schweden, erreicht sie als weiße Kreide mit Feuersteinknollen stellenweise eine Mächtigkeit von 500 F. Im slavischen Tieflande finden sich Kreideglieder in der polnischen, galizischen und podolischen Landhöhe. Diese Kreidebildungen im großen europäischen Tieflande zeigen, daß bei ihrer Entstehung dieselben Ursachen thätig waren, wie in den Gebirgsgegenden, da die Wirkungen, wenn auch nicht vollkommen, doch beinahe gleich waren. Die weit verbreiteten Niederschläge des Kreidemeeres, das einst diese Tiefebenen bedeckte, sind größtentheils von jüngeren und jüngsten Bildungen überlagert, in den Gebirgsgegenden zum Theil auch gehoben, zerrissen, zerstört; dennoch kann man mit Recht auf ihren ursprünglichen Zusammenhang schließen. In den Alpen ist der Nordfuß der Kalkalpen von der Arve an bis Wien von einer eigenthümlichen Sandsteinbildung bedeckt, welche unter dem Namen Wiener Sandstein, Karpathensandstein, Flysch, Fucoidensandstein bekannt ist, und für ein Aequivalent eines der Kreideglieder gilt. Der Karpathensandstein, mit welchem der Wiener Kalkstein in den Hauptmerkmalen vollkommen übereinstimmt, ist, seiner Hauptmasse nach, ein feinkörniger, meist schiefriger, mit Säuren brausender Sandstein, mit welchem sandige Mergelschichten, schwarze Mergelschiefer und kieselige Kalksteine fortwährend wechsellagern. In diesem ganzen Sandsteingebirg ist eine bedeutende Menge Bitumen verbreitet, das in zahlreichen Steinölquellen aus lockeren Mergel- und Sandsteinschichten zu Tage tritt. Der Flysch, den Studer beschrieben, hat zwischen dem Genfer- und Thunersee, sodann im nordöstlichen Theile von Graubündten eine bedeutende Ausdehnung. Er besteht der herrschenden Masse nach aus mergeligen und thonigen, schwärzlich grauen Schiefern, und aus festen, dichten, dunkelgrauen, kalkigen Sandsteinen. In diesen mächtig entwickelten Schiefern befinden sich Sandsteine und Schiefer in häufiger Wechsellagerung, und zwischen ihnen erscheinen untergeordnete Stöcke und Lager von Kalk, große Massen von Kalkbreccie, Konglomerate, welche der Nagelfluh des Molassegebirges in den tertiären Schichten ähnlich sehen, Lager von schwarzem und lauchgrünem Quarz und noch mehrere andere Massen. Versteinerungen hat man bis jetzt vergeblich darin gesucht. Der Flysch, dessen Schichten gewöhnlich dieselbe Stellung haben, wie die darunter liegende Gesteinsmasse, füllt meist die zwischen den Kalkketten liegenden Thäler aus, und steigt in der

Regel nicht bis zur Höhe der Ketten hinan. Nirgends haben sie eine horizontale Lage. Manchmal scheint es, als wenn er gegen die Kalkstraten einfalle und sie unterteufe, plötzlich aber krümmen und biegen sich seine Schichten neben dem Kalk hinab und zeigen sich, weit entfernt, ihn zu unterteufen, in ihrer weiteren Ausbreitung gehemmt. Aus diesen Verhältnissen folgt, daß das Flyschgebilde jedenfalls zu den obersten Lagen der Kalkalpen gehört, und, da diese zu der letzten Gebirgserhebung in Europa gehören, zu den Schichten des Grünsandes, oder vielleicht des Wälderthones gehören müssen.

§. 137. „Wenn wir einen See austrocknen, so finden wir auf seinem Boden häufig eine Reihe von neueren Niederschlägen, die mit großer Regelmäßigkeit auf einander liegen; die oberste ist vielleicht eine Torfschicht, darunter liegt noch wol eine dichtere Abänderung derselben, unter dieser ein Lager von schiefrigem Muschelmergel, und dann folgen andere Mergellager, geschieden durch Thonschichten. Senkt man nun durch dieselbe Ablagerung einen zweiten Schacht, in einiger Entfernung von dem ersten, ab, so findet man oft dieselbe Reihenfolge von Schichten, nur mit geringen Abänderungen. So können z. B. einige von den Sand-, Thon- und Mergelschichten fehlen, oder mehrere Schichten können sehr dünn und gänzlich verschwunden, andere dagegen sehr mächtig geworden sein und jene verdrängt haben. Außer dieser begrenzten Continuität besonderer Schichten ist es auch einleuchtend, daß die ganze Reihe irgendwo aufhören muß; dieß ist z. B. der Fall, wo die ursprünglichen Grenzen des Seebeckens sind, und wo die neu gebildeten Schichten mit den Gebirgsarten in Berührung kommen, welche die Grenzen bilden und unter allen jenen durchgehen, oder, wie der Bergmann sagt, sie alle unterteufen."

Diese Bemerkungen Lyells enthalten ein passendes Bild von den Gliedern der tertiären Formationen, zu deren Betrachtung ich nun übergehe, da mit der Kreide die Reihenfolge der sekundären oder der Flötzgebirge geschlossen ist. Die tertiären Schichten treten nämlich meist in abgesonderten einzelnen Parthien auf, die von allen Seiten von primären und sekundären Felsarten gerade so umgeben sind, wie die neugebildeten Schichten eines Seegrundes von den die Ufer bildenden älteren Gebirgsarten, sie nehmen ferner zu jenen Felsarten eine Lage ein, wie Landseen und Meerbusen in Beziehung auf das Festland, und haben endlich oft, wie diese Gewässer, bei beschränkter Ausdehnung eine große Tiefe. Hierin liegt schon, daß die tertiären Gebirgsschichten nur einen verhältnißmäßig geringen Raum einnehmen können; denn nachdem durch die hebenden Kräfte des Erdinnern allmälig immer mehr Theile der Erdrinde trocken gelegt worden, und die weit verbreiteten und gehobenen Schichten, die sich aus dem Jurameere und Kreidemeere niedergeschlagen, bereits sehr große Länderräume gebildet hatten, blieben für die Niederschläge des tertiären Gebirges zwischen dem bereits vorhandenen

Festlande nur Seen, Buchten und Binnenmeere übrig, die theils öfter außer Verbindung mit einander standen, theils, weil vulkanische Hebungen fort und fort an verschiedenen Orten Statt fanden, auch nicht alle zu gleicher Zeit existirten oder mit demselben Wasser erfüllt waren. Diese Wasserbecken wurden die Behältnisse von Schichten, welche sich ganz besonders durch den Reichthum und die Vielartigkeit der organischen Reste, welche sie umschließen, aber auch durch merkliche Eigenthümlichkeiten der mineralischen Gemengtheile von denen der älteren Formationen unterscheiden. Da diese entweder ganz, oder theilweise unter sich, oder vom Meere abgesonderten stehenden Gewässer Flüsse und Ströme aus gewissen hydrographischen Becken aufnahmen, so mußten die sich in ihnen bildenden Schichten mehr oder weniger den eigenthümlichen mineralischen Charakter des Landes annehmen, aus welchem die mit Gebirgstrümmern beladenen fließenden Gewässer das Material zur Schichtenbildung überhaupt, und zu dem vielfachen Wechsel von kalkigen und sandigen Ablagerungen mit sich führten. Mündeten große Ströme in Binnenmeere, so bestanden die Strandbildungen aus Fluß- und Meeresformationen, gleich den heutigen Delta's. Im Allgemeinen zeigen die tertiären Schichten einen geringeren Zusammenhalt als die sekundären, theils weil die Substanzen, aus denen sie bestehen, nicht von so reiner Beschaffenheit sind, wie diejenigen der einzelnen älteren Schichten, theils weil sie nicht unter dem gewaltigen Drucke stehen, den alle später abgesetzten Schichten auf die älteren ausüben. Es gibt indeß tertiäre Kalksteine, die in Beziehung auf materielle Festigkeit den früheren kaum nachstehen. Die organischen Reste sind von denen der sekundären Schichten, aber auch unter sich selbst verschieden, je nachdem die tertiären Ablagerungen in Seen oder Binnenmeeren gebildet wurden; im erstern Fall enthalten sie Süßwassergattungen, wie die Schichten der Alpenseen, im letzteren Meeresgattungen, wie z. B. diejenigen des Caspisees. Es können auch beiderlei Gattungen mit einander wechseln, je nachdem der Grund eines solchen Wasserbeckens eine Zeit lang bald unter, bald über dem Meere lag, oder das Meer denselben bald bedeckte, bald sich zurückzog und dann zu irgend einer Bildungsperiode für immer ausblieb. Die, wenigstens theilweise, Isolirung der einzelnen Wasserbecken erklärt auch die Erscheinung, daß die Wiener Tertiärmuscheln zum größten Theil dieselben sind wie in Italien, aber wenig Uebereinstimmung mit denen des pariser Beckens zeigen, und so verhält es sich auch mit dem, was man in Mähren, Schlesien und Meklenburg findet. Gegenden, welche gleiche Produkte zeigen, sind aber offenbar mit einander in Verbindung gestanden, und so erscheint uns in der Zeit der tertiären Bildungen das Mittelmeer mit dem kaspischen und baltischen Meere verbunden, während der lombardische Busen von dem pariser Becken getrennt war. Aehnlichkeit der Gesteine und anderweitige Verhältnisse weisen auf eine Verbindung des niederländischen Beckens mit dem lon=

doner Becken hin, des Rhonebeckens mit dem großen Schweizerbecken, welches wieder mit dem rheinischen zusammenhing, und mit dem Becken von Oesterreich in Verbindung stand. Wo solche Becken mit dem offenen Meere in Verbindung standen, zeigen die landeinwärts liegenden Schichten gewöhnlich ein höheres Niveau; das höchste da, wo der Hintergrund der Becken von Gebirgen begrenzt wird. Gegen das offene Meer hin liegen sie tiefer, so daß dort eine Hebung, hier eine Senkung Statt fand, in der Mitte des Beckens aber die ursprüngliche Lage unverändert blieb. Die spezifische Verschiedenheit endlich, welche sehr viele fossile Organismen der tertiären von denen der sekundären Schichten zeigen, die große Aehnlichkeit derselben mit den Gebilden der Gegenwart, das häufige Auftreten von Süßwassergeschöpfen und Säugethieren, alles dieß zeigt, daß nach der Bildung und Hebung der Kreide eine neue geologische Periode eintrat, welche in allen Beziehungen mit der Jetztwelt eine viel größere Analogie hat als die frühere Schöpfungsperiode.

Ablagerungen von Sand und mehr oder weniger sandigem Kalk und Thon bilden die Massen der höchst mannigfaltigen, nur selten über größere Flächen ausgedehnten Tertiärgebilde. Die untersten Schichten derselben bestehen aus Thon- und Sandlagern, zwischen welchen Braunkohlen zu liegen pflegen, welche übrigens nicht nur hier, sondern durch alle tertiären Schichten vorkommt. Der Sand ist häufig mehr ein Sandlager, als ein eigentlicher Sandstein, indem er nur einen geringen Grad von materieller Festigkeit besitzt. Mehr Zusammenhalt zeigen die Thonlager, sind aber doch keineswegs so kohärent, wie die Thone der früheren Formationen. Von verschiedenen Graden der Reinheit und Feuerbeständigkeit, sind sie in technischer Beziehung sehr wichtig, indem sie als Töpferthon, Pfeifenthon und zur Fabrikation von Steingut, Fayence, Schmelztiegeln u. s. w. angewendet werden. Von diesem Gebrauche rührt die Benennung plastischer Thon her, zum Unterschied von den mit Sand stark gemischten neuesten Thonlagern, oder dem Lehm, der nur zu Ziegeln und geringem Geschirr gebraucht wird. Der plastische Thon ist feiner, fettiger anzufühlen und sperrt das Wasser weit mehr ab, als der Lehm. Wenn er daher mächtige Lager bildet, wie es deren von 60 Fuß gibt, so sammelt sich das atmosphärische Wasser über ihm und bricht in der Richtung seines Fallens wieder hervor. Enthält also die Formation solche Thonlager, so ist sie, wenn die Schichten geneigt sind, ausgezeichnet durch ihren Reichthum an starken und reinen Quellen mit meist weichem Wasser. Um solches Quellwasser zu erhalten, wendet man gegenwärtig beinahe allgemein die Bohrarbeit an (artesische Brunnen). Mit plastischem Thone wechseln in mehrfacher Wiederholung Braunkohlenflötze, die von Stämmen und Zweigen größerer Bäume herrühren; denn sehr oft ist in ihnen nicht nur die Textur des Holzes und Blattnetzes noch deutlich

erkennbar, sondern man findet an manchen Stellen auch Wurzelfasern, Saamen und Früchte, aus denen sich eine unverkennbare Analogie dieser Bäume mit den Waldbäumen der heutigen gemäßigten Zone ergibt. Das Holz, welches die Braunkohle bildet, hat zwar eine Umwandlung erlitten, ist aber nicht eigentlich verkohlt, wie die Steinkohle, und der Grad dieser Umwandlung scheint davon abzuhangen, ob das Holz von dem harzigen und säurehaltigen Bitumen oder Erdöl mehr oder weniger durchdrungen worden sei. Ist bei dieser Umwandlung die Holztextur verschwunden, so heißt die Braunkohle erdig, ist sie noch sichtbar, bituminös; rührt die Braunkohle von großen Blättermassen her, so heißt sie Papierkohle. Wirkten vulkanische Gesteine, z. B. Basalt, auf die Braunkohle ein, so erlitt sie bedeutende Veränderungen, die braune Farbe wurde verdrängt durch die schwarze, die Kohle ward glänzend, der Bruch umschlug. Dieß ist die Pech- oder Glanzkohle. Sehr wahrscheinlich gehörten von den Stämmen, die in den Braunkohlenschichten sich begraben finden, viele dem Bernsteinbaum an, wenigstens spricht dafür das Vorkommen des Bernsteins bei Braunkohlenlagern. — Auf den plastischen Thon folgt eine bedeutende Ablagerung von grauem, bräunlichem oder gelbem kohlensaurem Kalk, der bald fest und hart, bald locker und fast erdig ist. Da er stellenweise mehr oder weniger große Mengen von Sand einschließt, der ihm ein rauhes Ansehen gibt, so hat er davon den Namen Grobkalk erhalten. Er scheint, wenigstens im pariser Becken, nach seinen Versteinerungen zu schließen, in einem Meerbusen gebildet worden zu sein, in den sich Süßwasser ergoß. Dieser Grobkalk ist sehr reich an Resten von Landthieren, Süßwasserbewohnern und einer ungeheuren Menge außerordentlich kleiner Muscheln, die man Millioliten nennt. Im Becken von Paris tritt er in großer Mächtigkeit auf, und ist für diese Hauptstadt, was der Portlandstein für London, seit Jahrhunderten fast das einzige Baumaterial, das in gewaltigen unterirdischen Bruchstätten gewonnen wird. Im londoner Becken scheint blauer Thon, der nach dieser Hauptstadt genannt wird, dem Grobkalk parallel zu sein. In beiden Becken folgen auf den Grobkalk und Thon zwei Schichten, die untere aus Meer-, die obere aus Süßwasser niedergeschlagen, jene aus kieseligem Kalkstein, der hie und da den muschellosen Mühlsteinquarz bildet, diese aus Süßwassermergeln bestehend. Neben den letztern erscheinen im pariser Becken ausgezeichnete Gypse.

Auf diese unterste Tertiärformation folgt die der Molasse, welche eine bedeutende Ausdehnung hat, namentlich die Alpen auf ihrer nördlichen Seite in ihrer ganzen Erstreckung begleitet und in der Schweiz in dem großen Thale zwischen den Alpen und dem Jura eine außerordentliche Mächtigkeit erreicht. Die Molasseformation besteht hauptsächlich aus Sandsteinen und Nagelfluh. Die älteren Sandsteine, in der Schweiz am

allgemeinsten abgelagert, werden von Studer vorzugsweise Molasse genannt, während er unter Nagelfluh das Konglomerat abgerundeter Gerölle mit Sandsteinbindemittel versteht. Die Molasse Studer's ist ein Kalk- oder Mergelsandstein von verschiedener Farbe, feinkörnig, bald in Säuren zerfallend, bald nicht, und im letzteren Falle sehr dicht, einem dichten Kalke ähnlich. Zwischen dieser Abänderung und einer öfters vorkommenden grobkörnigen liegen zahlreiche Mittelstufen. In einigen Gegenden besteht die Molasse aus einem feinen, durch ein kalkiges Bindemittel nur schwach zusammenhängenden Sand, der nicht selten in ganz lockeren Sand verläuft. Die feine, dichte Molasse, welche im frischen Zustande vom Gewässer durchdrungen wird, kann sehr leicht gebrochen und bearbeitet werden, und wird hierauf, der Lufteinwirkung ausgesetzt, dichter und oft bedeutend hart. Wegen dieser Eigenschaft wird sie vom Genfer- bis zum Bodensee als ein gutes Baumaterial benutzt, jedoch eignet sie sich im Allgemeinen zu Fundamentsteinen wenig, weil sie die Feuchtigkeit der Erde auffsaugt und dadurch beträchtlich leidet; noch mehr wird sie von der durch thierische Fäulniß erzeugten Salpetersäure angegriffen, welche sich mit dem Kalk des Bindemittels zu Mauersalpeter vereinigt und das Gestein auflockert. Mehrere der größern Gebäude in der Schweiz, und namentlich der berühmte Grabstein zu Hindelbank im Kanton Bern bestehen aus Molasse. Sie ist überall in Schichten von verschiedener Mächtigkeit abgesondert, die aber zuweilen so fest schließen, daß man die Schichtungsflächen kaum unterscheidet. An den einen Punkten sind sie schwach geneigt, selbst stark aufgerichtet, an anderen horizontal. Als untergeordnete Lager erscheinen in ihr bunte Mergel und Thon, Braunkohle, vorzüglich als Pechkohle, Kalkmergel und Gyps. Ein anderer Sandstein, der von vielen Geognosten ebenfalls zur Molasseformation gezählt wird, ist der Muschelsand, oder Muschelsandstein. Theils aus dem Meere, theils aus süßen Gewässern abgesetzt, besteht er größtentheils aus Quarzsandkörnern, die mit einander durch ein kalkiges Bindemittel verbunden sind. An einigen Orten gehen die Sandlager in Mergellager über, und ihnen folgen Kalkschichten, die ebenfalls theils Meeresprodukte sind, theils aus süßem Wasser herrühren, und im letzteren Fall Süßwasserkalk heißen. Die Nagelfluh, von welcher schon §. 130 die Rede war, zeigt eine eben so verschiedene Festigkeit, wie die Molasse, denn sie ist geringer in der Nähe des Jura, viel bedeutender in der Nähe der Alpen. In allen südlich eingesenkten hohen Nagelfluhgebirgen liegt die Nagelfluh in dicken Schichten auf grobkörniger oder dichter fester Molasse, mit welcher sie öfters abwechselt. In den nördlich fallenden Nagelfluhgebirgen bildet die Masse ungeheure, stockförmige Einlagerungen in der Molasse, über die sie da, wo sie am mächtigsten ist, in der Höhe bedeutend hervorragt, während sich an den Seiten ihre Schichten theils mit abneh-

mender Mächtigkeit in der Molasse auskeilen, theils diese als kleinere stockförmige Lager umgeben.

Eine dritte Gruppe der Tertiärgebilde faßt man zusammen unter dem Namen Subapenninenformation, weil sie den Fuß dieses Gebirges zu beiden Seiten begleitet. Sie besteht theils aus Süßwasser-, theils aus Meeresablagerungen, und da ihre Schichten mit denen der Molasse nicht gleichförmig gelagert sind, so scheint dadurch eine neue Bildungsperiode angezeigt zu sein. Die Glieder dieser Formation sind meistens gelbe Sandschichten, die mit bläulichen Mergelschichten wechseln, und durch einen großen Reichthum von Seegeschöpfen sich auszeichnen. In den Süßwasserschichten kommen Säugethierreste mit Haifischzähnen vereint vor. Man kann sich den Wechsel von beiderlei Ablagerungen nicht anders erklären, als theils aus der Brandung des Meeres, theils aus dem Zuströmen der mit Gebirgstrümmern beladenen Gewässer des Apennin; aus der vereinten Wirkung beider Ursachen entstanden jene Höhenzüge, die man Subapennin nennt. Diese Formation ist übrigens nicht auf Italien beschränkt, so wenig als die Molasseformation auf die Schweiz, sondern findet sich in bedeutender Ausdehnung zugleich in Sizilien, Nordafrika, Spanien und Südfrankreich am Fuß der Pyrenäen bis zur Mündung der Garonne, und tritt in kleineren Räumen auf in England und Deutschland.

Die mittlere Gesammtmächtigkeit dieser drei tertiären Formationen schätzt man auf 380—400 Fuß. Die tertiären Gebilde sind, wie sich aus den von ihnen umschlossenen organischen Resten ergibt, jünger als die Kreide, aber älter, als die geschichtliche Zeit, und gehören den letzten großen Umwälzungen an, wodurch das Festland der Erde im Großen und Ganzen seine gegenwärtige Gestalt und Ausdehnung erhielt. Die Schichten der obersten tertiären Formation sind vor allen anderen ausgezeichnet durch das Vorkommen der vielen Säugethierreste, die noch lebenden, aber minder zahlreichen und massigen Gattungen angehören. Die Gebeine dieser Thiere kommen vorzüglich im Schuttland der Thäler, an größeren Flüssen und in den Höhlen vor, die sich gegen solche Thäler öffnen, und die Verhältnisse, unter denen man sie abgelagert findet, weisen auf gewaltige Ueberschwemmungen hin, wodurch ein größerer Theil der Außenfläche unsers Planeten bedeckt worden und in denen eine zahlreiche Thierwelt ihren Untergang fand. Die jüngsten tertiären Gebilde sind deshalb auch Diluvialgebilde (von diluvium, Fluth), die vor ihnen antediluvianische, die nach ihnen, oder diejenigen, welche sich gegenwärtig noch bilden, und sich seit der historischen Zeit in Flüssen, Sümpfen, Seen, Meeren gebildet haben, postdiluvianische genannt worden. Mit den letzteren sind wir schon früher, von §. 109 an, bekannt worden. Manche Landstriche des nördlichen Europa wurden, so scheint es, durch Wasser überfluthet, die aus hohem Norden

herabströmten; in einem Theile von Schottland hatte der Einbruch aus Nordwest Statt, in anderen Gegenden sind die Strömungen wahrscheinlich nicht auf eine Richtung beschränkt gewesen. Manche Thatsachen lassen vermuthen, daß Strömungen und Fluthen sehr plötzlich und gewaltsam eintraten, aber gewiß vor dem Auftreten des Menschengeschlechts Statt hatten, da nirgends, wenigstens nicht in Europa, dessen gegen den Himmel aufgeschlossene Oberfläche so vielfach erforscht ist, Gebeine von Menschen sich zwischen den Thierknochen haben auffinden lassen. Diese Katastrophe hätte aber unstreitig die Menschen so gut, wie die Thiere treffen, und die Gebeine jener hätten sich eben so wohl erhalten müssen, wie die der letzteren.

Im Organisationscharakter der tertiären Gebilde sind sehr bestimmte Unterschiede zwischen demjenigen der sekundären, wie der gegenwärtigen Periode ausgesprochen. Was zuerst die Gewächse betrifft, so ist eine Verschiedenheit nach Zonen und Himmelsstrichen bei ihnen nicht zu verkennen. Die tropischen Gewächse der Steinkohle sind in den Braunkohlen der gemäßigten Länderstriche verschwunden, und an ihrer Stelle erscheinen Waldbäume der Gegenwart, die freilich von den jetzigen immer noch spezifisch verschieden sind, und auf eine damals noch höhere Temperatur selbst in den gemäßigten Zonen schließen lassen, als die gegenwärtige ist. Die Süßwasserkalke und Gypse, die Thone, welche die Ligniten begleiten, zeigen Abdrücke von Blättern, kleinen Zweigen u. s. w., die deutlich die Charaktere unserer Nußbäume, Ahornbäume, Ulmen, Birken u. s. w. erkennen lassen. Nicht nur Süßwasserschichten, auch Meeresschichten enthalten Abdrücke, die von Binnenlandgewächsen herrühren. Nadel- und Laubhölzer scheinen vorzugsweise die Wälder der tertiären Periode gebildet zu haben; denn die Früchte und Zweige mit Blättern, die man gefunden hat, gehören beiderlei Baumgattungen an. Die Spuren von Palmen, die man in den Braunkohlen Böhmens gefunden hat, von Myrthen, Baumwollenstauden und anderen südlichen Formen, die in der Auvergne vorkommen, deuten unverkennbar auf ein wärmeres Klima der letzten Periode vor der Gegenwart. — Was die Thiere betrifft, so muß vor Allem bemerkt werden, daß es nicht der Reichthum an Formen, sondern die höheren und vollendeteren Gestalten sind, welche die gegenwärtige Periode vor der tertiären voraus hat. Keine Familie oder höhere Gruppe der Gegenwart fehlt den antediluvianischen Schichten, die überdies einen größeren Reichthum an vielhufigen Säugethieren verrathen, als gegenwärtig leben. Die Kiesel- und Kalkarbeiter, von denen §. 116 das Nähere gesagt wurde, finden sich auch hier. Andere kleine Muscheln, die Millioliten und Nummuliten, kommen ungemein häufig vor, und nach den letzteren ist der Nummulitenkalk benannt. Außer diesen kommen noch viele andere Muscheln vor, und man kennt bereits 200 Gattungen und 4000 Arten, und unter den ersteren kaum 40, die

der Gegenwart fehlen. Von Wirbelthieren erscheinen Krebse, Spinnen, Skorpione, Insekten von sehr verschiedenen Abtheilungen. Die Gattungen tertiärer Fische sind auch in der Gegenwart noch vorhanden, alle aber scheinen bereits untergegangenen Arten anzugehören. Die paradoxen Formen der See-Amphibien, wie sie uns die Jura- und Kreideglieder aufbewahrt haben, fehlen hier, und scheinen, nach Burmeister, mit der tertiären Epoche auf die Säugethiere übergegangen zu sein; dagegen sind die bisher seltenern Land- und Süßwasser-Amphibien häufiger, und unter ihnen hat man einen 3 Schuh langen Salamander hervorgezogen. Von fossilen Vögeln kennt man etwa 30 verschiedene Gattungen, die den Raubvögeln, Klettervögeln, Tauben, Hühnern, Sumpfvögeln und Schwimmvögeln angehören. Auf Neuseeland entdeckte man ganz kürzlich die Gebeine eines riesenmäßigen, straußenartigen Vogels, Dinornis. Am wichtigsten sind die Säugethiere, deren Reste in den tertiären Schichten und in Knochenhöhlen (§. 113) gefunden werden. Der Art nach gehören die gefundenen Reste theils eigenthümlichen, theils solchen Formen an, die sich sehr nahe an gegenwärtige anschließen. Zu den letzteren gehören Elephanten, Nashörner, Nilpferde, Hirsche, Pferde, Nagethiere, Bären, Hyänen, Wölfe, Löwen, Hunde, Katzen, Affen, Wallfische u. a. m. Viele dieser Thiere waren größer, als die jetzigen; dagegen scheint der tertiäre Elephant den jetzigen nicht sehr an Größe übertroffen zu haben. Elephanten, Nashörner und andere Thiere besaßen damals ein längeres, dichteres, sogar zottiges Haarkleid. „Man hat daraus, sagt Burmeister, auf ein rauheres Klima schließen wollen, dem jene Geschöpfe in ihrer Heimat ausgesetzt waren, und hat angenommen, daß in der jüngsten tertiären Epoche, als Elephanten unsere Fluren bewohnten, auch die heutigen Zonenunterschiede schon daselbst vorhanden waren; allein aus dem dichteren Haarkleide läßt sich das nicht folgern, weil auch jetzt noch sehr dicht behaarte Geschöpfe, wie die Faulthiere, in der Tropenzone leben, und die nordischen Raubthiere eben nicht dichter behaart sind, als die tropischen. Es kann daher, trotz des dichteren Haarkleides der Pachydermen (Vielhufer), das Klima von Deutschland in jener Zeit sehr wohl wärmer gewesen sein, als jetzt; ja es scheint, wenn man die Vegetation und die gesammte Thierwelt in Betracht zieht, etwa den Charakter seiner Schwankungen besessen zu haben, welcher gegenwärtig am Südrande des Mittelmeeres angetroffen wird. Denn hier leben noch heute an Orten, wo der Mensch seinen ändernden Einfluß hat minder geltend machen können, alle die organischen Formen neben einander, welche damals auch auf dem Boden des mittleren Europas ansässig waren." Der Elephant findet sich in zahlreichen Ueberbleibseln in Europa, Asien, Nordamerika und Neuholland; unter dem Namen Mammuth bekannt, unterscheidet er sich von dem großen asiatischen Elephanten

durch längere, stärkere Stoßzähne und ein langes dichteres Haarkleid. Man verdankt diese Kenntniß solchen Individuen, welche im Polareise Sibiriens eingefroren sind, und deren mehrtausendjähriger Kadaver oft sehr wohl erhalten ist. Eine andere Elephantengattung, die man nach ihrem Hauptfundort Ohiothiere nannte, hatte mit warzigen Querhöckern auf der Kaufläche versehene Backzähne (daher Zitzenzahn, Mastodon, genannt). Junge Individuen dieser Gattung hatten vier Stoßzähne. Unter den verschiedenen Gattungen von Nashörnern gab es zwei, die jetzt völlig fehlen. Zwischen den Schweinen und Nashörnern in der Mitte stehen die fossilen Tapire der tertiären Periode, die Gattungen Paläotherium und Anaplotherium. Das erstere ist dem Tapir ähnlich, seine Größe schwankt zwischen der des Pferdes und des Hasen. Das Anaplotherium, ohne rüsselartige Nase, mit langem Schwanz, hatte schlanke Beine, die auf Behendigkeit schließen lassen, Merkmale, die weder zum Tapir, noch zum Schweine passen.

Ich füge diesem Abschnitte folgende übersichtliche Tabelle der Formationen bei, womit zu vergleichen Taf. 6.

			Alluvium, Schwemml.
Tertiärgebilde.	Gelbe Sandschichten mit bläulichen Mergelschichten; Braunkohlen.		Subapenninische Formation.
	Muschelsandstein, Molassesandstein, Nagelfluh, Braunkohlen.	380′	Molasseformation.
	Sandlager, plastischer Thon, Grobkalk; kieseliger Kalkstein, Süßwassermergel; Braunkohle.		Grobkalkformation.
Jüngere sekundäre Flötze.	Weiße Kreide; merglige Kreide. Kreidetuff. Grüne Kreide. Quadersandstein (Grünsand). Wäldergruppe. Neccomie.	2000′	Kreideformation.
	Portlandstein. Korallentrümmergestein. Oxfordthon. Rogenstein. Lias.	2500′	Juraformation.
	Keuper. Muschelkalk. Bunter Sandstein (Steinsalz), Vogesensandstein.	1700′	Obere Trias.
Aeltere sek. Flötze.	Zechstein. Rother Sandstein (Todtliegendes). Steinkohlenschichten. Bergkalk.	2500′	Untere Trias.
	Alter rother Sandstein, Uebergangsthonschiefer, Uebergangskalkschiefer; Grauwacke; Anthrazit.	6000′	Devon'sches System.
Uebergangsgebirg.	Urthonschiefer, Glimmerschiefer, Talk—Chloritschiefer, Kalk, Gneis.	30000′	Unteres und oberes silurisches System.
			Primitive Gebilde; Granit.
		45080′	Mächtigkeit d. geschichteten Formationen.

Geschichte der Erdbildung.

§. 138. Aus Saamen und Erde geht die Pflanze hervor, diese treibt Zweige, aus den Zweigen sprossen Pflanzenaugen und Knospen, aus den Knospen entfalten sich Blumen und aus diesen werden zuletzt die Früchte. Die Frucht ist also nicht von Anfang gewesen, sie ist aus Anderem geworden, hat sich entwickelt, und ihr Dasein setzt die früheren Zustände der Pflanze voraus. So ist es mit allen Dingen, die uns unter einer bestimmten Daseinsform erscheinen, sie sind geworden und sind schon gewesen, nur unter anderer Form und Gestalt, nicht als dieses bestimmte Ding, wol aber als etwas Anderes, ursprünglich als der Stoff, aus dem Etwas werden konnte. Daß dieß auch von unserer Erde gelte, daß auch sie ihre Entwicklungsgeschichte habe, geht aus den früheren Abschnitten deutlich genug hervor. Aber ihre Geschichte ist nicht nur diejenige geognostischer Entwicklungsphasen, sie war ursprünglich auch diejenige unsers Planetensystems, das nicht von jeher war, was es jetzt ist, das vielmehr, wie alle gewordenen Dinge, sich aus früheren Zuständen entwickelt hat. Ist auch schon kein Zeuge da, der uns die Geschichte dieser Entwicklung erzählte, so trägt dafür der gegenwärtige Zustand des Planetensystems unverkennbare Spuren eines anderen, früheren an sich, und man hat diese Spuren für deutlich genug gehalten, um aus ihnen auf die Art des Uebergangs aus dem früheren in den jetzigen Zustand Schlüsse zu wagen und eine Theorie aufzubauen. Kant zuerst, nach ihm Laplace, haben es versucht, den Ursprung des Planetensystems zu erklären. Der letztgenannte große Astronom, durch den die Hypothese beinahe die Form einer mathematischen Theorie erhielt, wurde durch die auffallende Uebereinstimmung in den allgemeinen Eigenschaften unsers Systems, namentlich durch die übereinstimmende Richtung aller Bewegungen, sowol der Rotationen als der Umläufe von W nach O, zu der Ueberzeugung gebracht, daß eine so gleichartige Wirkung nur von einer und derselben Grundursache herrühren könne. In der That kann eine solche Uebereinstimmung nicht bloß zufällig sein, zufällig in der rohesten Bedeutung dieses Wortes, ohne Grund und Ursache, sie muß vielmehr das Resultat eines nothwendig aus der ersten Anlage sicher gebenden Bildungsganges sein. Die Allmacht begnügt sich nämlich, so scheint es, einen ersten Keim zu schaffen, aus dem sich das von ihr Beabsichtigte durch unzählige Metamorphosen unter den Gesetzen physischer Kräfte, von welchen die Natur durch sie belebt worden ist, hernach selbst herausbilden soll. Laplace nahm daher an, daß alle Substanzen unsers Sonnensystems ursprünglich zu einer einzigen ungeheuren Dunst- oder Gaskugel verflüchtigt gewesen seien, welche über die äußersten Grenzen des Planetensystems hinausgereicht habe. Durch die Gravitation und die dadurch bewirkte Kontrak-

tion der Substanzen habe sich in dieser Gaskugel ein Mittelpunkt gebildet, an dessen Stelle später eine dichtere Zentralmasse, ein Kern, entstand. Durch irgend eine äußere Ursache erhielt dieser Kern eine progressive Bewegung, wie sie unser System noch jetzt zeigt, und eine rotirende Westostbewegung um ihre auf den mittleren Ebenen der Planeten senkrecht stehende Achse. Der Kern wurde unsere Sonne, die Gashülle war ihre Atmosphäre, welche an der Rotation des Kernes Theil nahm, wie unsere Atmosphäre an derjenigen der Erde. Durch die Rotation erhielt die Gaskugel die Gestalt eines Sphäroides. Bei fortgesetzter Verdichtung der Masse und der dieser entsprechenden Verkleinerung des Volumens ward die Rotationsgeschwindigkeit vergrößert und damit auch die Schwungkraft. Denn da jeder Punkt, in Folge des Beharrungsvermögens, seine frühere Geschwindigkeit zu erhalten strebt; so wirkt er, wenn er durch die Veränderung der Gestalt der Achse näher kömmt, beschleunigend auf die Rotation ein. Die Folge der vermehrten Schwungkraft war, daß für gewisse Theile eine Grenze eintreten mußte, an welcher ihr Rückzug auf die Zentralmasse aufhören mußte. Diese Grenze war da, wo die vermehrte Schwungkraft der Gravitation das Gleichgewicht hielt und dadurch die Einwirkung der letzteren aufhob, oder mit anderen Worten, diese Grenze war an allen Orten am äußeren Umfang des Rotationsäquators des Gasballes. Die peripherischen Theilchen desselben, welche diese größere Schwungkraft besaßen, trennten sich von der übrigen Gasmasse, und setzten ihre Rotation um die Zentralmasse für sich fort, während die übrige Gasmasse, deren Rotationsgeschwindigkeit geringer war, ihren Rückzug fortsetzte. Der Saturn mit seinen Ringen gibt uns ein Bild von unserem System auf dieser Entwicklungsstufe. Solche Ablösungen von Gasringen konnten sich, beim weiteren Rückzug der Gasmasse auf ihren Kern, zu wiederholten Malen ereignen, so oft am Rotationsäquator zwischen der Gravitation und der Schwungkraft ein Gleichgewicht eintrat. Denkt man sich, daß jeder sich ablösende Ring von der Gasmasse durch Anziehung die zunächst angrenzenden Theile mit sich vereinigte, welche andere Rotationsgeschwindigkeiten und Schwungkräfte besaßen, so mußte dadurch und wahrscheinlich noch durch andere Kräfte der Zusammenhang des Ringes gestört und derselbe in mehrere Stücke zerrissen werden. Jedes Stück setzte den Umlauf um die Zentralmasse für sich fort und erhielt eine Rotationsbewegung von Westen nach Osten, weil die äußeren Theile des Ringes eine größere Schwungkraft hatten als die inneren. Die Folge dieser rotirenden Bewegung war, daß die gasförmigen Massenstücke eine sphäroidische Gestalt annahmen. Die 5 kleinen Planeten unsers Systems: Vesta, Juno, Ceres, Pallas und Asträa geben uns ein Beispiel dieser Bildung. In allen anderen Fällen scheint das größte Ringstück die kleineren mit seiner Masse nach und nach vereinigt zu haben, bis die Masse des ganzen Ringes in einen einzigen Gasball über-

gegangen war. Es ist begreiflich, daß die ersten Ringe, die sich ablösten, die äußersten, die letzten die untersten Planeten gaben. Die Ringablösungen mußten aber aufhören, als die peripherische Schwungkraft vermöge des geringeren Umfangs, den der Kern nach mehrfach wiederholten Verlusten angenommen hatte, die Anziehungskraft nicht mehr aufheben konnte. Während daß so das gegensätzliche Verhältniß zwischen der zentralen Sonne und den peripherischen Planeten für immer festgestellt war, wiederholte sich in den Planeten derselbe Prozeß, wenn sie groß genug waren, um der Schwungkraft ihrer äquatorischen Theile ein Uebergewicht über die Schwerkraft einräumen zu müssen; es entstanden selbstständige Ringe, die, wie die des Saturn, sich noch heute nicht zu Kugeln gestaltet haben, oder die zu einer oder mehreren Kugeln sich formten, wie die Trabanten mehrerer Planeten. — Diese Hypothese stimmt nun nicht nur mit der gleichförmigen Richtung aller Bewegungen unsers Systems, sondern auch mit den Dichtigkeitsunterschieden der Planeten überein. Denn da in dem großen Gasball ein fortgesetzter Rückzug der Masse, eine fortdauernde Verdichtung durch Massenanziehung Statt fand, so mußten stets die inneren Theile dichter sein, als die äußeren, die unteren Planeten also, die aus Gürteln von dichterer Materie entstanden, eine größere Dichtigkeit besitzen, als die oberen, die sich aus den zuerst abgelösten, minder dichten Ringen gebildet hatten.

Kehren wir nun zu unserer Erde zurück, so lehrt uns die so eben vorgetragene Theorie, daß jene im Anfange ihres Daseins ein G a s b a l l war, wie wir noch gegenwärtig an den Kometen in gasförmigem Zustande verweilende Weltkörper haben. Daß die elementarischen Substanzen, welche unseren Erdkörper bilden, in diesem Aggregatszustande erscheinen k o n n t e n, geht daraus hervor, daß sie sämmtlich die Fähigkeit besitzen, Luftform anzunehmen. Damit aber alle Elemente unserer Erde, damit Wasser, Metalle, Steine, Erden u. s. w., welche die Rindenbestandtheile derselben ausmachen, einen solchen Gasball bilden konnten, war nothwendig eine hinreichende Temperatur erforderlich. Daß sie diese Temperatur einst besessen habe, scheint aus der Beobachtung hervorzugehen, daß sie jetzt noch eine nach ihrem Mittelpunkt hin zunehmende Wärme zeigt, die, wenn sich das Gesetz auch bis in weitere Tiefen, als die bisher erreichten, bestätigt, was sehr wahrscheinlich ist, schon 6 Meilen unter der Oberfläche so bedeutend ist, daß sich dort alle Steine und Metalle in geschmolzenem Zustande befinden müssen. Das Durchdringungsvermögen der Gase (§. 2) unter einander, der Wirkung ihres eigenen Gewichts entgegen, macht es wahrscheinlich, daß sich in dem ursprünglichen Gasballe alle elementarischen Stoffe chaotisch durch einander befanden, bis sich in demselben durch Kontraktion eines Theiles der Gasmasse ein Kern bildete, der nicht fest wurde, sondern in erweichtem, glühendem Zustande verblieb, weil mit der Verdichtung jedweder Materie allemal Wärmeentwick-

lung verbunden ist. Durch Attraktion aller irdischen Materie vergrößerte sich dieser Kern allmälig, indem wahrscheinlich immer die schwersten Stoffe, also die Metalle, zuerst angezogen und verdichtet wurden, und erst später die leichteren. Die Wärme und das Licht, welche von dem einen höheren Hitzgrad behauptenden Kern ausstrahlten, erregten in den zarteren Stoffen chemische Affinitäten, in Folge deren die Erden und Alkalien sich bildeten, bekanntlich alles Verbindungen leichter Metalle mit Sauerstoff. Da ihre Verbindung eine Verbrennung ist, die nicht ohne sehr große Wärmeerzeugung vor sich geht, so verblieb der metallische Erdkern fortdauernd in geschmolzenem Zustande, und waren auch die Erden selbst, trotz ihrer Strengflüssigkeit, anfangs feurig-flüssig. Sie bildeten in dieser Gestalt eine Rinde um den Metallkern, welche durch ihre Glut den letztern flüssig, den Gasraum über sich in Dunstgestalt erhielt. Im flüssigen Zustande konnte die Erdenrinde nur durch eine hinreichend hohe Temperatur verbleiben, diese mußte durch Ausstrahlung aber allmälig sinken, und zwar für gleiche Zeiten um so stärker, je höher die Temperatur der Erde war. Die Sonnenwärme konnte damals den ungeheuren Wärmeverlust durch Ausstrahlung nur in einem unmerklichen Verhältniß ersetzen, wenn ihre Strahlen überhaupt durch die dichte Atmosphäre zur Erdoberfläche gelangten. Es mußte also unser Planet zuletzt so weit abgekühlt werden, daß die Temperatur ihrer Oberfläche unter den Schmelzpunkt der Silikate herabsank, welche dadurch erstarrten, aber so allmälig, daß sie nicht gehindert wurden zu krystallisiren. Wo eine solche Erstarrung ruhig vor sich ging, bildete sich fast immer G r a n i t, und man ist zur Annahme berechtigt, daß sie fast immer ruhig erfolgte. Ein ungeheurer Zeitraum war bis zur Bildung des Granites erforderlich, und man hat berechnet, daß derselbe, wenn von der Bildung der Steinkohle bis auf unsere Zeit, 1,300000 Jahre verflossen sind, über 50 Millionen Jahre betragen haben mußte, damit die Temperatur von 1600° auf 160° herabsank. Bildete die erstarrte Rinde eine vollständig geschlossene Kugelzone, so wurde sie dadurch ein Schutzmittel gegen die schnellere Abkühlung der übrigen von ihr eingeschlossenen Masse, weil die Silikate schlechtere Wärmeleiter sind, als die Metalle. Sie gestattete daher der von den geschmolzenen Metallen ausgehenden Wärme eine sehr langsame Fortpflanzung, die mit zunehmender Erstarrung und Dicke der Rinde immer langsamer erfolgte. Wie langsam sich die Wärme in größeren Massen verbreitet, lehren uns vielfältige Erfahrungen; Lavaströme wurden nach 10 Jahren im Inneren noch heiß befunden, und nach dem denkwürdigen Ausbruch des Jorullo 1759 blieb der Boden bis auf große Entfernungen vom Vulkan auf mehrere Jahre lang so heiß, daß er unbewohnbar war. Bischof beobachtete die Abkühlung an einer 24" im Durchmesser haltenden Basaltkugel und fand, daß dieselbe von der Schmelzhitze bis zu einem Ueberschusse von 0°,1 über die Lufttemperatur für die

Oberfläche in 7 Tagen 7 Stunden, für eine Tiefe von 2″ in 7 Tagen 9 Stunden Statt hatte. Die fortdauernde von Außen nach Innen vorschreitende Abkühlung hatte nicht nur eine Verdichtung der Silikatenrinde, sondern auch eine Zusammenziehung derselben zur Folge, welche in der Regel mit der Verminderung der Temperatur verbunden ist. Die durch diese Zusammenziehung gepreßten inneren Flüssigkeiten, die nur eine höchst geringe innere Elastizität besitzen, erhielten einen Drang aus der Tiefe nach Oben, sprengten die Rinde und bildeten Spalten; gewaltsam und unter heftigen Erschütterungen drangen sie, die Ränder der Spalten zerreißend und hebend, empor und erstarrten hier zu krystallinischen Massen, indem sie, die Spalten zugleich schließend, die ersten bedeutenden Unebenheiten und Erhöhungen der Erdoberfläche bildeten. Bei fortgesetzter Abkühlung und Verdichtung der Rinde, bei immer heftiger werdendem peripherischem Druck von Außen nach Innen, drängte auch von Innen die Macht ungemessener Kräfte immer mehr gegen die Erdrinde, sprengte neue Spalten, und die geschmolzenen Massen würgten sich zwischen denselben, ihre Ränder zertrümmernd und aufrichtend, in die Höhe und überlagerten in neuen Bergen den Boden. Sie bildeten natürlich bei ihrem Erkalten dieselben Felsarten, woraus damals die Erdrinde allein bestand, weil die Verhältnisse der Bildung dieselben geblieben waren. Zugleich aber stürzten siedendheiße Regengüsse vom Himmel herab. Denn der Gasraum oder die Atmosphäre über der Silikatenrinde bestand aus Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlensäure, Schwefel u. s. w., und der Wasserstoff und Sauerstoff, entzündet durch den glühenden Kern, gingen die chemische Verbindung des Wassers ein, das aber zur Zeit der noch sehr heißen Silikatenrinde die Atmosphäre als Wasserdampf erfüllte. Diese letztere war eben deßhalb auch dichter und für die Sonnenstrahlen nicht so durchdringlich wie später, sie war aber auch schwerer und übte einen viel größeren Druck aus als gegenwärtig. Dieser Druck hatte einen wichtigen Einfluß auf die Gase selbst; denn sie wurden dadurch nicht nur in einen engeren Raum zusammengepreßt, sondern manche von ihnen nahmen, ohne Temperaturverminderung, selbst tropfbar-flüssige Form an. Gesellt sich zum Druck noch Temperaturabnahme, so wird in demselben Maß die Wirkung des Druckes erhöht. Umstände solcher Art mußten aber eintreten, als die Silikatenrinde durch Abkühlung zu erstarren anfing; das Wasser der unteren Schichten der Atmosphäre wurde tropfbar und bildete ein heißes, aufkochendes, dampfendes Urmeer, das an gänzlicher Verdampfung nur durch den auf ihm lastenden Druck gehindert wurde. Anfangs sammelte sich dasselbe nur in einzelnen Vertiefungen der Oberfläche, gewann aber später in demselben Verhältniß an Ausdehnung, in welchem die Silikatenrinde und mit ihr die atmosphärischen Dünste verkühlten. Mit der Vermehrung dieser Niederschläge verminderte sich aber auch der Druck der Atmosphäre, daher man, mit Burmeister, annehmen darf,

daß es eines sehr langen Zeitraumes bedurft habe, bis alles Wasser der Atmosphäre tropfbar wurde, und daß dieß sehr wahrscheinlich erst dann der Fall war, als die Temperatur des Gasraumes unter 80° gefallen war, von welchem Zeitpunkte an die spätere Beschaffenheit der Atmosphäre datirt. So hat sich das Wasser der Meere nach und nach angesammelt aus unermeßlichen Fluthen, die zu verschiedenen Zeiten aus der Atmosphäre herabstürzten, und mit der ersten Fluth begannen auch die eigenthümlichen Wirkungen der beiden Hauptfaktoren bei der Erdrindebildung, des plutonischen und neptunischen. Der letztere, in Verbindung mit der Luft, welche schon vor dem Tropfbarwerden des Wassers durch die in ihr enthaltenen heißen Wasserdämpfe und Säuren an der Verwitterung der Gesteine arbeitete, benagte, löste und lockerte die Felsarten, zu denen er Zutritt hatte, und wenn die heutigen Regengüsse und Hochwasser Steinmassen abzulösen und zu zertheilen vermögen, womit die Flüsse an ihren Mündungen ganze Länderstrecken bedecken, die See- und Meeresbecken ausfüllen und so die Grenzen des Festlandes meilenweit ausdehnen; was vermochten denn nicht die Gewässer der Urzeit zur fortschreitenden Erdbildung beizutragen? Es bildeten sich die ersten Flußrinnen und Seen, und in den Meeren die ersten stratenförmig gelagerten Steinschichten, Gneis, Thonschiefer, Kieselschiefer, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer u. s. w., metamorphisirte Gesteine, umgewandelt durch die endogenen Massen, die vielfach aus der Tiefe empordrangen. Darum wechsellagern die krystallinischen Schiefer auf die mannigfachste Weise mit den granitischen Felsmassen und schließen sich selbst in den unmerklichsten Uebergängen an sie an. Diese Schieferbetten, indem sie von den plutonischen Gewalten zersprengt und theilweise über die Fläche des Wassers gehoben wurden, gaben, ihrerseits vom Wasser benagt, das Muttergestein ab, aus dessen Trümmern sich die nächstfolgenden Schichten zusammensetzten. Ueberhaupt erfolgte die ganze Bildung der Gebirge nach demselben einfachen, uns bekannten Mechanismus: die reagirenden Kräfte des Inneren haben von Anbeginn zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten die horizontalen Niederschläge des Wassers zersprengt, sie haben hier sich zu Gebirgen erhoben und die zerrissenen Schichten an sich aufgerichtet, dort ganze Landstriche als Plateaus emporgerückt, wenn sie unvermögend waren, die Rinde zu sprengen. (§. 123.) Hierdurch sind einerseits der unaufhaltsam nagenden und spülenden Gewalt des Wassers immer neue Flächen zu immer neuen Mineralbildungen dargeboten worden; andrerseits hat sich so, nachdem die Temperatur der Atmosphäre unter 80° gesunken war, die Möglichkeit der Existenz und der Spielraum für die Hälfte des Thier- und Pflanzenreiches, die an Luft und süßes Wasser gebunden ist, immer mehr vergrößert. So sehen wir, daß beide Haupterscheinungen, Vermannigfachung der Mineralbildungen und der Lebensbedingungen von Anfang an neben einander gehen, und daß von den Urzeiten

an bis zu unseren Tagen endogene Gesteine die Bildung der Erdrinde stetsfort begleiten. In den ältesten Zeiten waren die aus der Tiefe emporgestiegenen Massen wol ausschließlich Granite, in den mittleren vorzugsweise Trachyte, Porphyre und Basalte, in den neueren sind es Laven.

Ehe ich diese erste Periode in der Geschichte der Erdbildung schließe, muß noch der merkwürdigen Erscheinung gedacht werden, daß in den ältesten Gebirgen wenig kohlensaurer Kalk erscheint, während daß er in den mittleren und neuesten in gewaltigen Massen auftritt. Die Erklärung dieser Erscheinung ist nicht leicht und hat verschiedene Ansichten veranlaßt. Die Annahme, daß in späterer Zeit noch Kalkmassen aus dem Inneren emporgedrungen seien, läßt sich durch keine einzige Thatsache direkt nachweisen, auch erscheint der Kalk, wo er nicht offenbar metamorphisirt ist, nirgends krystallisirt, sondern immer in mächtigen Lagern eines derben, strukturlosen, feinerdigen, aber festen und versteinerungshaltigen Kalksteins. Nur da, wo er zum ersten Male auftritt, zwischen Thonschiefer und Grauwacke, also in der Nähe der Silikate, nimmt er ein krystallinisches Gefüge an und heißt Urkalkstein und Marmor. Zutreffender scheint folgende Ansicht zu sein. Zur Zeit, als die Silikate sich bildeten, ging die Kalkerde mit der in der alten Atmosphäre befindlichen Kohlensäure eine chemische Verbindung ein, deren Entstehung, trotz der hohen Temperatur, wobei sonst die Kohlensäure von der Kalkerde zu entweichen pflegt, durch den Druck der ganzen Atmosphäre begünstigt wurde. Weil aber nicht eine hinreichende Menge von Kalkerde vorhanden war, so wurde zur Bildung des kohlensauren Kalkes nicht alle vorhandene Kohlensäure verwendet; es wurde daher eine beträchtliche Menge überflüssiger Kohlensäure vom Wasser aufgelöst, das durch seinen kohlensauren Gehalt auch den kohlensauren Kalk auflösen konnte. Weil aber bei der hohen Temperatur des Grundes eine bedeutende Menge von Wasser wieder verdunstete, so fiel die aufgelöste kohlensaure Kalkerde daraus zu Boden und ward fest. Da diese Ausscheidung sehr schnell erfolgte, so blieb der Kalkerde keine Zeit zur Krystallisation, und erhielt eben deßhalb das derbe, homogene Ansehen. Wenn dann später durch die üppig wuchernde Pflanzenwelt die überschüssige Kohlensäure verbraucht wurde, so verlor das Wasser seine frühere auflösende Kraft, und es konnten sich immer größere Mengen von kohlensaurer Kalkerde absetzen, wie wir denn auch gesehen haben, daß die Kalkerde nach der Steinkohlenformation in immer größerer Mächtigkeit auftritt. Das Gesagte findet seine Anwendung auch auf Gyps (schwefelsaure Kalkerde), auf Bitterkalk (kohlensaure Talkerde), Apatit (phosphorsaure Kalkerde) und Flußspath (flußsaure Kalkerde).

Die zweite große Periode der Erdbildung beginnt mit dem Sinken der Temperatur unter 80° R, und ist durch das Entstehen des ältesten organischen Lebens bezeichnet, von dem jedoch Spuren auch schon im Thon-

schiefer gefunden wurden *). Zunächst möchte nun zu untersuchen sein, welches überhaupt der Zustand auf Erden war, als die ersten Organismen auftraten. Bei der sehr hohen Temperatur, welche die Oberfläche unsers Planeten noch am Ende der ersten Periode hatte, mußte die Atmosphäre, neben anderen Stoffen, eine außerordentliche Menge von Wasserdünsten enthalten; sie war daher damals sehr wahrscheinlich so undurchsichtig, daß die Lichtstrahlen der Sonne noch kaum zum Erdball selbst gelangen konnten, und da die Silikatenrinde bereits erstarrt war, also kein Licht mehr ausstrahlen konnte, so bedeckte tiefe Finsterniß die Erdoberfläche. Diese Finsterniß, in Verbindung mit der damals noch herrschenden großen Hitze, machte die Entstehung von Organismen unmöglich. Als dann aber die Temperatur unter den Siedepunkt erniedrigt wurde, als bereits Inseln mit Bergzügen und Thälern über das Meer emporragten, auf welchen eine der heutigen zwischen den Tropen ähnliche Vegetation wucherte, wurde die Atmosphäre durchsichtiger, weil sie einen großen Theil ihrer Wasserdünste, ihrer Kohlensäure und anderer gasförmiger Stoffe abgegeben hatte, und gestattete aus diesem Grunde den belebenden und erquickenden Strahlen der Sonne Durchgang und Verbreitung auf der Erdoberfläche; und auch das Meer war nicht mehr die chaotische Flüssigkeit, wie früher, weil es mit der Hitze und der Kohlensäure sein kräftiges Einwirkungsvermögen auf die Silikate verloren hatte und nur noch mechanisch durch Schlemmung wirkte; es näherte sich in Beziehung auf Durchsichtigkeit und Lichtbrechungsvermögen seinem jetzigen Zustande. Unter solchen Umständen brach der Geburtstag der Pflanzen- und Thierwelt an, deren Eigenthümlichkeit von der heutigen in keinem Hauptcharakter wesentlich verschieden ist. Hundert Erfahrungen bestätigen, daß das Gebundensein gewisser Geschöpfe an gewisse Elemente, daß das Spiel thierischer Triebe und Leidenschaften, der abgemessene Kriegszustand zwischen den Geschlechtern, kurz die ganze Verfassung der Thier- und Pflanzenwelt eine uranfängliche ist. Die frühere Voraussetzung, als ob alle heutigen thierischen Formen bloße

---

*) Daß Pflanzen und Thiere noch gegenwärtig in sehr hohen Temperaturen leben können, zeigen folgende Thatsachen. Man fand in Ostindien bei einer Quelle von über 60° R, und auf der Insel Luzon an einem Bache von mehr als 80° gewisse Pflanzenarten wachsen, deren Wurzeln bis in's Wasser reichten, und in dem Bache selbst lebten mehrere Arten von Fischen. Am Fuße eines Vulkans auf der Insel Tama fand man dieselbe Pflanzenart in einem Boden von 80° Temperatur. Thymian soll am Rande des Geisers auf Island gedeihen. In einigen warmen Quellen der vereinigten Staaten von 40° bis 80° wachsen nicht nur Kräuter, Gebüsche, Bäume, sondern es leben auch Muscheln darin. In den warmen Bädern auf Manilla sollen Fische in einer Temperatur von 48° – 68° leben, und in den Karlsbader Thermen, die eine Wärme von fast 60° haben, leben Infusorien.

Vervollkommnungen ähnlicher untergegangener und die ältesten somit die einfachsten, niedrigsten wären, hat sich keineswegs bestätigt. Anfangs waren es freilich meist Geschöpfe des Meeres, welche durch die schöpferische Kraft der Erde in's Dasein gerufen wurden, weil das trockene Land im Anfang der zweiten Periode nur hie und da inselartig über den allgemeinen Meeresspiegel hervorragte. Als dann aber durch die wiederholten Durchbrüche der endogenen Massen immer mehr Terrain dem Meere abgewonnen wurde und die Festländer sich vergrößerten, vermannigfaltigten sich die Bedingungen, unter denen das allgemeine Lebensprinzip sich die Materie unterthänig machte und ihr organisches Leben einhauchte; neben den Meeresgeschöpfen traten immer mehr Organismen des Landes auf, und nach allen auf einander folgenden Umwälzungsepochen wurden die Organismen nicht bloß auf's Neue gebildet, sondern auch in immer edleren Formen wieder erzeugt. Freilich mußten gewisse Geschöpfe in zahllosen Formen entstehen und wieder vergehen, bis im Leben der Erde der Punkt eintrat, wo es der Natur gelang, den Gedanken des Säugethiers auszuführen. Dieß geschah, als durch Kräfte, die aus dem Inneren der Erde nach oben, bald schwächer, bald stärker, bald da, bald dort, und an vielen einzelnen Punkten nur nach und nach wirkten, nicht nur Inseln, sondern immer größere Kontinente entstanden, und Land, Meer und Luft immer mehr die Organisationsbedingungen eines höheren organischen Lebens empfingen. Dann erst, nachdem die Atmosphäre auf der einen Seite durch die kolossale, von der hohen Erdwärme, der Menge von Wasserdampf und Kohlensäure begünstigten Vegetation der Urzeit den größten Theil ihres Kohlenstoffes, und auf der anderen Seite durch fortschreitende Abkühlung ihren Wasserdampf verloren, wurde sie für das Einathmen und die Unterhaltung des Lebensprozesses der höheren Thierklassen geeignet. Die fortschreitende Abkühlung war, wie gar nicht zu bezweifeln, das Produkt der Wärmestrahlung gegen den Himmelsraum, weßhalb der Erstarrungsprozeß an der Erdoberfläche anfing (§. 45); am stärksten uranfänglich, als nicht nur der glühende Kern, sondern auch die Silikatenrinde noch flüssig war, schritt sie doch auch später, nach eingetretener Erstarrung, in verhältnißmäßig hohem Grade vor sich, theils wegen der immer reiner werdenden Atmosphäre, die den Wärmestrahlen einen freieren Durchgang nach dem Himmelsraume gestattete, theils wegen der wiederholten Durchbrüche plutonischer Massen. Diese Durchbrüche nahmen, je mehr die Erstarrung von Außen nach Innen fortschritt und die Erdrinde dicker wurde, an lokaler Intensität zu, weil durch die zunehmende Verdichtung und Zusammenziehung der Rinde die Reaktion des flüssigen Innern gegen die Oberfläche immer gespannter und heftiger werden mußte, bis endlich ein Gleichgewicht zwischen diesen entgegenwirkenden Kräften eintrat, wie ein solches die Gegenwart vor den früheren Perioden auszuzeichnen scheint. Man sieht leicht, daß alle Wärme, welche

die endogenen Massen im geschmolzenen Zustand erhielt, sich vor ihren Ausbrüchen auf den ganzen Erdkörper vertheilte und ihm deßhalb eine erhöhte Temperatur verleihen mußte. Die feurig-flüssig hervorgequollenen Massen entzogen aber der Erde einen Theil ihrer Hitze, die sowol durch die geöffneten Spalten entwich, als durch die sehr lange dauernde Wärmestrahlung dieser Massen für die Erde verloren ging, wirkten aber gerade durch das letztere erwärmend auf die Atmosphäre in ihrer Nähe und verursachten den tropischen Charakter und die allgemeine gleichmäßige Temperatur auf der ganzen bewohnten Oberfläche. Als dann aber die letzten und großartigsten Durchbrüche erfolgt und die Wärme der emporgestiegenen Massen sich durch Strahlung in den Weltraum zerstreut hatte, hörte dieses Verhältniß auf, und die Temperatur der Luft und der Erdoberfläche wurde mehr und mehr von der Sonnenwärme abhängig; die Temperaturverhältnisse näherten sich den gegenwärtigen, das Klima stufte sich ab, bis zuletzt den heutigen annähernde Zonenunterschiede eintraten, die nicht durch die eigene Wärme der Erde, sondern durch die Stellung derselben zur Sonne bedingt sind.

Dieß ist die naturgemäßeste Erklärung des fortschreitenden, unstreitig mit Oszillationen wechselnden Erkältungsprozesses der Erde nach Entstehung der Organisation. Es hat zwar nicht an Versuchen gefehlt, diese große Erscheinung aus einer Veränderung in den astronomischen Verhältnissen des Planeten zu erklären, namentlich in einer Verrückung der Pole, so daß z. B. der Aequator da soll gelegen haben, wo jetzt der Meridian zieht, und die Pole in Punkten des gegenwärtigen Aequators. Allein bei dieser Annahme vergißt man, daß die Abplattung der Erde, welche die nothwendige Folge ihrer Rotation ist, eine solche Verrückung unmöglich macht. Bei einer sphäroidischen Gestalt eines rotirenden Körpers ist die kürzeste Achse auch nothwendig die konstante Rotationsachse. Bei einer rotirenden Kugel könnte es als möglich gedacht werden, daß eine fremde Kraft die Achse versetze, und daß die Umdrehung fortan um die neuen Pole vor sich gehe; beim Sphäroid wäre dieß selbst dann unmöglich, wenn durch die momentane Einwirkung eines fremden, etwa der Erde sehr nahe kommenden Weltkörpers eine augenblickliche Versetzung der Achse erfolgt wäre: sie würde sogleich wieder einlenken, nach Entfernung jenes Körpers. Hätten sich daher die Pole früher in Punkten des Aequators befunden, so wäre die Abplattung auch dorthin gefallen und die Pole befänden sich noch jetzt dort. Um die Lage der Achse nur um 1 Sekunde (95 par. Fuß) zu verändern, müßte man, nach Berechnungen, eine Masse von 114 Kubikmeilen in der dazu geeignetesten Richtung um 90°, also z. B. das ganze Himalajagebirge in den Norden Amerikas versetzen. Die gegenwärtigen Pole also waren dieß stets und werden es in alle Zukunft hinein bleiben; sie sind so nothwendig, als die Erde selbst. Es ist also unmöglich, für die tropische Vegetation der Flötzgebilde

aller Breiten, für die Palmenwälder, die in der Urzeit Sibiriens Fluren bedeckten, für die elephantenartigen, also pflanzenfressenden Thiere im höchsten Norden des amerikanischen Kontinentes, eine astronomische Erklärung zu suchen. Aber auch abgesehen davon, daß entscheidende physische und astronomische Gründe diese Annahme von einer Verrückung der Pole zum Voraus beseitigen, ist sie ja auch mit der Beobachtung selbst im Widerspruch. Hätten einst, bei einer der heutigen ähnlichen klimatischen Verfassung der Erde, die Pole und damit die heiße, die gemäßigte und die kalte Zone eine andere, gleichviel welche, Lage gehabt als jetzt, so müßte sich immer in der fossilen Flora und Fauna eine Abstufung der Klimate aussprechen, nur in anderer Richtung gegen den jetzigen Aequator, was aber, wie wir wissen, durchaus nicht der Fall ist. Da somit der Erdkörper früher andere klimatische Verhältnisse hatte als jetzt, so bleibt nur die Annahme übrig: je näher die Epochen des irdischen Lebens dem Zeitpunkte liegen, wo der ganze Planet eine feurig-flüssige Masse war, desto mehr überwog noch die eigene Temperatur der Erde den Sonneneinfluß, desto mehr machte die dem Boden entströmende Wärme den ganzen Ball, selbst in den höchsten Breiten, zum Treibhaus, in dem alles organische Leben in der glühenden Fülle und Pracht wucherte, wie jetzt kaum da, wo das ganze Jahr der lothrechte Strahl der Sonne unsere Erde trifft. Je mehr die Erde allmälig erkaltete, desto stärker traten alle Einflüsse hervor, welche heute von der Schiefe der Ekliptik abhängen, desto mehr entwickelte sich stufenweise der gegenwärtige merkwürdige Zonenunterschied. Und so sehen wir, wie die im Allgemeinen allmälige, aber mit Oszillationen abwechselnde Verkühlung der Erde, die Entwicklung des Festlandes und die Ausbreitung des Pflanzen- und Thierreiches zu immer höheren und vielseitigeren Formen Hand in Hand gehen. Allein so sehr sich uns dieser Begriff aufdrängt, so gibt es doch Erscheinungen, die schwer damit zu vereinigen sind, und statt sich zu lichten, häufen sich nur die Räthsel in den Zeiten, wo die Natur auf der Schwelle von der zweiten zur dritten Periode sich befand, und von denen es zweifelhaft ist, ob sie das Menschengeschlecht schon gesehen oder nicht.

Bevor ich zu dieser dritten Periode übergehe, in welcher die organischen Kräfte die größte Mannigfaltigkeit der Formen entfalteten, diejenigen der anorganischen Natur immer mehr in das gegenwärtige, vielleicht nur scheinbare Gleichgewicht traten und so die Erde zum Empfang des Menschen vorbereiteten, habe ich noch der Reihenfolge der Gebirgserhebungen während der ganzen Dauer der zweiten Periode zu gedenken, indem sie ebenfalls zur Geschichte der Erdbildung gehören. Die Bestimmung der Reihe, in welcher die einzelnen Gebirgszüge sich nach einander gehoben haben, beruht auf folgender Thatsache. Es ist aus dem früheren bekannt, daß die neptunischen Schichten in unabänderlicher Reihe auf einander folgen, und

daß sie als Bodensätze des Meeres ursprünglich eine horizontale Lage haben. Wo dieselben gehoben und in Folge dessen domartig gebogen, gekrümmt, zerspalten und gebrochen erscheinen, geschah dieß durch die Gewalt ausbrechender endogener Gesteine. Natürlich konnten nur diejenigen Schichten gehoben werden, die bei einer solchen Eruption bereits vorhanden waren, und die nach derselben niedergeschlagenen werden eine horizontale Lage zeigen, insofern nicht auch sie später durch gleiche Kräfte gehoben wurden. Durch merkwürdige Wahrnehmungen und scharfsinnige Zusammenstellungen geleitet, sprach der französische Geognost Elie de Baumont diesen naturgemäßen Gedanken zuerst aus und fand ihn nachher in seinem ganzen Umfange bestätigt. Es zeigte sich, daß wahrhaft horizontale Schichten die Eigenheiten ausgedehnter Ebenen sind, auf denen sie sich nahe an den Fuß der Gebirgsketten erstrecken, daß sie aber innerhalb der Gebirgszüge, von denen viele erst spät emporgestiegen, nie oder selten in kleinen Erstreckungen vorkommen. Waren sie vor Erhebung des Gebirges niedergeschlagen worden, so fangen sie in der Nähe desselben an aufzusteigen, und zwar um so mehr, je weiter sie an das Gebirgsplateau oder den Gebirgskamm hinanreichen, und nehmen dann oft eine ganz steile oder sogar überhängende Lage an. Das plutonische Gestein, aus dem die Gebirgsachsen oder Plateaus zu bestehen pflegen, bildet den Kern, an den sich zu beiden Seiten die aufgerichteten Schichten als parallele Nebenkämme mit ihren abgerissenen offenen Schichtungsköpfen anlehnen, während daß sie gegen die umliegenden Ebenen allmälig abfallen. Waren aber neptunische Schichten nach Erhebung eines Gebirges, bis zu dessen Fuß sie reichen, niedergeschlagen worden, so werden dieselben eine horizontale Lage zeigen müssen, ein Verhältniß, das nicht anders gedacht werden kann, wenn ein solches Gebirg einst das Ufer eines Meeres war, aus welchem diese Schichten abgesetzt worden. Gelangt man daher, um das §. 128 Gesagte hier kurz zu wiederholen, von den Abhängen eines Gebirges in die Ebene hinunter und trifft am Fuß derselben auf eine horizontale Schicht, die im Gebirgsabhang fehlt, so wissen wir, daß diese Schicht abgesetzt wurde aus Wasser, aus welchem das Gebirg bereits hervorragte und eben deßhalb nicht mehr von den neu entstehenden Schichten bedeckt werden konnte. Befindet sich unter der obersten horizontalen Schicht der Ebene eine zweite, von jener verschiedene, die in dem Gebirgsabhange ebenfalls fehlt, so gilt das Gleiche auch für sie. Ist endlich eine dritte horizontale Schicht der Ebene einerlei mit der obersten gehobenen des Gebirgsabhanges, so erkennen wir daraus, daß diese dritte Schicht vor Erhebung des Gebirges aus der Ebene schon vollendet vorhanden gewesen sein muß, daß ihre Aufrichtung aus der horizontalen Lage durch die Erhebung des Gebirges bewirkt wurde, daß somit die Zeit, in welcher die Erhebung geschah, zwischen die Bildung der dritten und zweiten Schicht fällt. Daraus folgt erstlich, daß Gebirge, in

denen gar keine, oder sehr wenige Schichten gehoben erscheinen, zu den ältesten, solche dagegen, in denen sämmtliche geschichtete Ablagerungen der Ebenen aus ihrer horizontalen Lage gerückt sind, zu den jüngsten zu zählen sind, und daß man zweitens, bei einer genauen Kenntniß aller auf einander folgenden Schichten der Ebene, so wie derjenigen der Gebirgsabhänge, das relative geologische Alter einer Gebirgserhebung mit größerer oder geringerer Evidenz zu vermitteln im Stande ist, weil die neptunischen Felsarten einander in entschiedener Reihe folgen. Freilich macht der Umstand, daß bei einem und demselben Gebirge mehrmalige und zu verschiedener Zeit erfolgte Hebungen Statt gefunden haben, sehr umfassende Untersuchungen nöthig, soll die Bestimmung des relativen Alters einer Gebirgserhebung nicht sehr schwankend und unsicher ausfallen. Es ist nämlich gar nicht wahrscheinlich, daß alle Erhebungen ohne Ausnahme plötzlich und auf Einen Ruck erfolgt seien, vielmehr lehrt die Beobachtung, daß verschiedene Gebirgsketten durch mehrmals wiederholte bald größere, bald geringere Erhebungen, wie z. B. die von Chili, ganz allmälig, in langen Zeiträumen zu ihrer jetzigen Höhe emporgetrieben worden sind.

Man nimmt gegenwärtig zwölf verschiedene Hebungsperioden an.

1. Zu den ältesten Hebungen zählt man diejenigen, welche in die Zeit fallen, als das devon'sche System (§. 132) gebildet wurde, oder unmittelbar nachher; sie waren, wie man glaubt, plötzlich und ohne lange Dauer, und gehören einer Zeit an, wo die Oberfläche unsers Planeten noch zum größten Theil mit Wasser bedeckt war. Diese Hebungen waren, in Deutschland, das System des Hundsrücks, Taunus und Harzes, und in England die Erhebung von Westmoreland und Südschottland. Die gehobenen unbedeckten Schichten bestehen aus Thonschiefer und Grauwacke, die in Deutschland die Streichungsrichtung von SW nach NO haben. Die Kohlenflötze am Südrand des Hundsrücks sind jünger als dieses Gebirg, weil sie sich mit schwachem südlichem Fallen an die Grauwacke anlegen. Das Streichen der Grauwacke wiederholt sich im Westerwald, der Eifel, in der Grauwacke zwischen dem Thüringer Wald, dem Fichtelgebirg und Erzgebirge und in Böhmen. Es scheint indeß, daß die zusammenhängenden Grauwacken des Hundsrücks, der Eifel und des Westerwaldes eine mehrmalige gruppenweise Aufrichtung in Partieen, wie am Harz, der gruppenweise in 7 verschiedenen Epochen scheint erhoben worden zu sein, erfahren haben, von denen die ältesten Theile (Hundsrück und Taunus) gleichzeitig mit der Harzer Grauwacke vor Absatz der Kohlen, die jüngeren nach der Kohlenbildung erfolgten, weil deren Schichten verworfen sind. In Westmoreland sind nicht nur die ältesten Schichten des Kohlengebirgs, sondern selbst diejenigen des devon'schen Systems jünger als die Aufrichtung der dortigen Schichten, weil sie gar nicht verworfen sind.

2. Bald nach dieser ersten Erhebung folgte die zweite, deren gehobene Schichten ebenfalls aus Grauwackegliedern bestehen, die aber in abweichender Streichungslinie von W nach O aufgerichtet sind und sich mit derjenigen der ersten Hebungsperiode unter einem beinahe rechten Winkel schneiden. Dahin gehören die Grauwackeschichten des Belchen am Südrande der Vogesen, der Bocange in der Normandie und des südlichen Irlands. Auch bei dieser zweiten Hebung erscheinen die begleitenden Kohlenschichten mit dem Todtliegenden nicht gehoben, und beweisen dadurch, daß diese Grauwacken bald nach den ersten aufgerichtet wurden.

3. Die dritte Hebung besteht in Nordengland in dem Höhenzuge, welcher von Derby bis Schottland reicht. Das endogene Gestein, welches die diesen Höhenzug begleitenden mächtigen Kohlenkalksteine und Sandsteine hob, tritt nicht zu Tage, ist aber offenbar erst nach der Ablagerung der Kohlenschichten emporgestiegen. Dadurch, und daß die Streichungslinie der gehobenen Schichten beinahe von N nach S geht, unterscheidet sich diese neue Katastrophe auffallend von den beiden früheren. An dem umgestürzten oder aufgerichteten Kohlensandstein hat sich später der Kupferschiefer gebildet.

4. Das System der Ardennen, des Hennegaus und von Südwales. Diese Katastrophe hat eine große Anzahl von Verwerfungen oder Verrückungen hervorgebracht und alle vorhandenen Schichten auf die sonderbarste Weise gebogen und gedreht, aber nur geringe Höhen gebildet. Die Streichungslinie dieser Hebung ist, wie die des Systems des Hundsrücks, von SW nach NO, wendet sich aber westwärts immer mehr nach der Linie des zweiten Systems. Wir treffen hier stark gehobene Grauwackeschichten, auf deren Fuß verworfene Kohlenschichten ruhen, an welche sich in der Umgegend von Saarbrück die Vogesensandsteine, und in England die Schichten des Zechsteins und bunten Sandsteins in horizontaler Lage anlehnen, zum Beweis, daß diese vierte Hebung des Grauwackegebirges nach Absatz der Kohlenflötze, aber vor Bildung des Zechsteins erfolgte und also entschieden viel jünger ist, als das erste und zweite System.

5. Das System des Rheines ist eines der einfachsten und besteht vornemlich aus zwei langen und analog gebildeten Bergketten, den Vogesen und dem Schwarzwald, die ihre steilen Abstürze dem Rheine zukehren und von Basel bis Mainz das Rheinthal einschließen; ihre Streichungsrichtung ist also von SSW nach NNO. Nordwärts, nach einer Gebirgslücke von etwa 7 Meilen Länge, setzt sich der Schwarzwald fort unter dem Namen Odenwald und Spessart. Das Innere dieser Gebirge, zum Theil auch die Abhänge, bestehen aus plutonischen und metamorphischen Gesteinen, besonders Gneis, und aus den sie umgebenden Meeren dieser Epoche haben sich die Schichten der oberen Trias abgesetzt, deren jüngere Glieder, der Muschelkalk und der Keuper, nicht mehr gehoben und verworfen erscheinen.

Die Erhebung dieses Systems fällt also in die Zeit zwischen der Bildung des bunten Sandsteins (Vogesen-Sandsteins) und der jüngeren ihn begleitenden Thonschichten.

6. Das System des Thüringer- und Böhmerwaldes streicht von NW nach SO, und zeigt uns von Kassel bis Linz den höchsten Theil der Ereignisse, welche mitten durch die Ablagerungen der oberen Trias Statt gefunden haben, denn die Schichten des Keupers sind in diesem System noch gehoben; die unteren Glieder des Jura, der Lias, sind horizontal, so daß folglich die Aufrichtung dieser Gebirgszüge zwischen die Ablagerungen beider Formationen fällt. Zwischen Avallon nnd Autün in Frankreich sind einige Inseln von Granit und von verschobenen Triasgliedern in dieser Richtuug verlängert und von Jurakalk, der an dieser Bewegung keinen Antheil genommen hat, umgeben.

7. Die Cevennen, Cote d'Or, der Jura und das Erzgebirge, deren Streichungslinie von SW nach NO geht, heben die Ketten des Jura, aber nicht mehr die Glieder der Kreide, so daß demnach ihre Bildungsepoche zwischen den Absatz dieser beiden jüngeren Flötzformationen fällt. Am Fuße des Erzgebirges, das keinen Jurakalk enthält, findet sich aber die untere Kreide in horizontalen Schichten abgesetzt.

8. Das System der Monte Viso oder der Meeresalpen, mit einer Streichungsrichtung von NNW nach SSO, besteht aus deutlich ausgesprochenen Gliedern eines Systems von Aufrichtungen, das aus den Juraschichten und selbst aus dem grünen Sandstein besteht. Die von Nummuliten erfüllte obere Kreide liegt am Fuße des Gebirges in horizontalen Schichten. Augenscheinlich erfolgte die Aufrichtung dieses Systems während der Bildung der Kreideformation, deren älteste Glieder in der Hebung mit inbegriffen sind, während die jüngsten sich horizontal an den Fuß anlegen. Zahlreiche Reihen von Firsten und Verrückungen finden sich auf dieser Richtung in den westlichen Alpen; aber sie sind durch das große Ereigniß versteckt, welches den Alpen ihr gegenwärtiges Relief gegeben hat. Dieselbe Bewegung scheint auch die Hauptrichtung der Küsten von Italien, so wie auch ein System von sehr hohen Firsten in Griechenland gebildet zu haben, wovon der Pindus ein Theil ist.

9. Das System der Pyrenäen oder Apenninen verdankt seine Erhebung einer der ausgedehntesten Katastrophen auf der Oberfläche Europas. Es streicht in der Richtung von WNW nach OSO und hat besonders im südlichen Europa eine weite Verbreitung, indem auch die mit den Apenninen parallel laufenden Ketten auf der Ostseite des adriatischen Meeres und die gleichförmig streichenden Bergreihen Griechenlands derselben Erhebungsepoche anzugehören scheinen. In den Pyrenäen findet sich die obere Kreide bis zu bedeutenden Höhen gehoben, und bildet in der Höhe der Thäler

große Abhänge; die horizontale Ablagerung, die sich hernach in den Meeren gebildet hat, gehört dem pariser Kalk an, woraus eines der ersten Glieder der tertiären Bildungen besteht. Elie de Beaumont reihet mit diesem System auch die Ghates in Vorderindien und die Alleghanies in Nordamerika zusammen, womit, der entsprechenden Richtung wegen, sich sehr gut die Gebirge zu beiden Seiten des rothen Meeres, die parallelen Bergreihen Hinterindiens und der Halbinsel Malacca sich in Beziehung bringen lassen. Entsprechende Verhältnisse im Teutoburger Wald, in der Weserkette und im Riesengebirge deuten ebenfalls auf gleichzeitige Erhebung mit den Pyrenäen und Apenninen.

10. Das System von Korsika und Sardinien hat die Streichungsrichtung des rheinischen und der Berge zwischen den Thälern der Saone, der Loire und des Allier. Die Hebungsepoche dieser Bergreihen fällt in die Zeit der ersten Glieder der tertiären Formation, da in ihnen nicht nur die Glieder der Kreide, sondern auch die ältesten tertiären Schichten gehoben sind, welche dem pariser und londoner Becken gleichzeitig sind. In derselben Epoche erhoben sich die zahlreichen Vulkane der Auvergne und des Vivarais, und Burmeister bezweifelt wegen ihrer entsprechenden Richtung mit den Basalten Hessens, des Meißners, Habichtswaldes, der Rhön und des Vogelsberges gar nicht ihren Zusammenhang mit diesen vulkanischen Erscheinungen Deutschlands. Als gleichzeitig mit diesem System betrachtete Elie de Beaumont den Libanon und die syrischen Bergketten bis zum Rnai.

11. Das System des Montblanc, das wir zu unterscheiden haben vom achten und vom folgenden System. In der Richtung von NO nach SW streichend, hebt es die älteren Schichten der Tertiärformation. Die einzigen horizontalen Ablagerungen, die man hier findet, gehören der subapenninischen Formation an; es sind somit diese Gebirge, welche die höchsten Spitzen von Europa enthalten, auf der Oberfläche der Erde erst nach der zweiten tertiären Ablagerung erschienen. Die Eruptionsgesteine sind die Granitarten, woraus der Montblanc, der Monte Rosa und eine Menge mehr oder weniger großer Inseln bestehen, um welche herum die tertiären Gebilde, Kreide- und Juraschichten sich erheben. Diesen Graniten, ein körniges Gemenge von Feldspath, Quarz und Talk, wurde früher ein höheres Alter als den übrigen Urfelsarten zugeschrieben, und sie wurden deßhalb Protogyne genannt, d. i. Erstgeborene, während es sich jetzt zeigt, daß sie jünger als manche tertiäre Felsarten sind. Diese elfte Erhebung hat nicht bloß die hohen Gebirgsketten von Savoyen und der Dauphine hervorgerufen, sondern sie findet sich auch außerdem sehr weit ausgedehnt. Sie zeigt sich auf Nowaja-Semlja, in Skandinavien, Nordschottland, in dem Vulkanenzug Islands;

südlich gehören dahin die Bergketten des östlichen Randes von Spanien, wo sie unter der Meerenge von Gibraltar nach Afrika übersetzen.

12. Die letzte Gebirgserhebung in Europa bildet das System der Alpen, von Wallis bis nach Oesterreich, mit einer Streichungslinie von WSW nach ONO, die mit der des Systems des Montblanc einen spitzen Winkel bildet. Die Aufrichtung dieser Hauptkette der Alpen erfolgte erst nach Absatz der Molasse und Nagelflue, die an ihr aufgerichtet sind, und die mächtigen Geschiebeablagerungen, die sich am Fuß derselben befinden, gehören zu den Wirkungen dieser großen Umwälzung. Ein sehr großer Theil des Bodens von Hocheuropa hat an dieser Bewegung Theil genommen, indem die Oberfläche sich oft in einer sanften Abdachung gegen die Firste hin erhebt, welche der Richtung dieser großen Kette folgen, so daß ein beträchtlicher Theil des gegenwärtigen Reliefs des europäischen Kontinentes von dieser Katastrophe herdatirt. Melaphyrarten, Syenite, Euphotide und Serpentine scheinen die hebenden Gesteine in dieser Epoche gewesen zu sein.

Vergleicht man diese verschiedenen Systeme unter einander, so findet man, daß die ältesten Gebirgszüge keine große Ausdehnung haben und niedrig sind, während daß die jüngeren immer höher werden und größere Strecken durchziehen, je näher ihre Hebung der Gegenwart kommt. Die Ursache scheint in der fortschreitenden Verdichtung und Kontraktion der Erdrinde zu liegen, wodurch die geschmolzenen Massen des Inneren so gepreßt wurden und in eine solche Spannung kamen, daß ihr Durchbruch nur um so intensiver werden mußte. Der Himalaja Asiens, die Anden Amerikas sind daher nicht älter als die Hauptkette der Alpen, ja die Anden sind entschieden jünger. Dafür zeugen die vielen Vulkane auf ihren Kämmen und Hochebenen, oder auf ihren Abhängen, welche die ausgedehnteste und besterhaltene Kommunikation des Inneren unsers Planeten mit dem Luftkreise darbieten. Vulkane sind aber die jüngsten und letzten Produkte der Reaktion des Erdinneren gegen die Oberfläche des Planeten, und Gebirgszüge, die, wie die Anden, so reich an Vulkanen sind, müssen schon deßhalb später als alle nicht von Vulkanen begleiteten Bergketten gehoben und verändert worden sein. Ob die Zukunft unseres Planeten den Zustand der Ruhe, dessen wir uns gegenwärtig zu erfreuen haben, beibehalten werde, oder ob diese Ruhe nur temporär sei, wie in allen zwischen den geologischen Krisen liegenden großen Zeiträumen, während deren sich die verschiedenen Sedimente bildeten, dieß ist eine Frage, die mit Gewißheit weder bejaht noch verneint werden kann; wenigstens hat man noch kein Gesetz gefunden, das uns gestattete, ein Ende für die Reihenfolge der Erdumwälzungen anzunehmen; die Beobachtung lehrt uns nur, daß auf lange Perioden der Ruhe oft plötzlich mehr oder weniger furchtbare Katastrophen eintreten, und gerade die jüngsten Erhebungen berechtigen keineswegs zum Glauben an eine stufenweise Abnahme in der

Intensität der plutonischen Gewalten. „Nichts, sagt Humboldt, kann uns Sicherheit geben, daß jene plutonischen Mächte im Laufe kommender Jahrhunderte den von Elie de Beaumont bisher aufgezählten Bergsystemen nicht neue hinzufügen werden. Warum sollte die Erdrinde schon die Eigenschaft sich zu falten (Schichten aufzurichten) verloren haben? Die fast zuletzt hervorgetretenen Gebirgssysteme der Alpen und der Andeskette haben im Montblanc und Monte Rosa, im Sorata, Illimani und Chimborazo Kolosse gehoben, welche eben nicht auf eine Abnahme in der Intensität der unterirdischen Kräfte schließen lassen. Alle geognostische Phänomene deuten auf periodischen Wechsel von Thätigkeit und Ruhe. Die Ruhe, die wir genießen, ist nur eine scheinbare. Das Erdbeben, welches die Oberfläche unter allen Himmelsstrichen, in jeglicher Art des Gesteins erschüttert, das aufsteigende Schweden, die Entstehung neuer Ausbruchsinseln zeugen eben nicht für ein stilles Erdenleben.“ Es dürfte daher die weit verbreitete Vorstellung von einem Ende, oder vielmehr von einer theilweisen Erneuerung des Planeten nicht so sehr den Gesetzen widerstreiten, welche denselben regieren.

Die dritte große Periode der Erdbildung ist die gegenwärtige, die sich von der vorhergehenden unterscheidet theils durch die bestimmt ausgesprochenen Zonenunterschiede, theils durch das Auftreten des Menschengeschlechts. Die Art und Weise, wie die Kräfte der Natur während dieser Periode verändernd und umgestaltend auf die Oberfläche unsers Planeten eingewirkt haben, ist uns aus früheren Abschnitten bekannt. Die klimatischen Verhältnisse scheinen sich während dieser Periode wenig oder nichts verändert zu haben; denn das des periodischen Reizes der Sonnenstrahlen bedürftige Pflanzenleben hat seit den ältesten geschichtlichen Zeiten bis jetzt seine Wohnplätze, mit Ausschluß der Einwirkung des Menschen, nicht verändert, und seit Hipparch, 140 J. v. Chr., genaue Beobachtungen über die Dauer des Tages anstellte, hat der letztere nicht um den hundertsten Theil einer Sekunde abgenommen. Die unveränderte Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde belehrt uns aber über das Maß der Stabilität ihrer mittleren Temperatur. Jene hängt von ihrem Volumen ab, welches, wenn seit Hipparch eine fortschreitende Verkühlung angenommen wird, hätte vermindert werden müssen. Eine nothwendige Folge davon wäre gewesen Vermehrung der Umschwungsgeschwindigkeit, also Abnahme der Tageslänge. Da dieselbe aber seit 2000 Jahren nicht um den hundertsten Theil einer Sekunde kürzer geworden, so folgt, daß innerhalb der äußersten Grenze dieser Abnahme die mittlere Wärme des Erdkörpers während dieses Zeitraums nicht um 1/170 eines Grades verändert worden ist. Es hat also den Anschein, daß die gegenwärtige Periode die der Ruhe und Stabilität des Erdballs für eine längere Zeitdauer sei, in welcher allein ein denkender, fühlender und frei wollender Mensch auf festem Boden des Lichtes der Sonne und eines menschlichen Daseins sich erfreuen

könne. Diese Ansicht, welche Manche theilen, gründet sich auf die Verkühlungstheorie, zu deren Annahme die früher betrachteten Thatsachen uns drängen. Nach derselben wäre der jetzige Zustand unserer Erde die Entwickelung und der allmälige Uebergang aus den früheren Zuständen, und es wären, was die thermischen Verhältnisse betrifft, in unserer Periode die beobachtete Vertheilung der Wärme und die Aufeinanderfolge der Temperaturen in der ganzen Ausdehnung der Erde konstant geblieben. Ungeachtet daß die verständige Anwendung des Thermometers, welches allein über klimatische Verhältnisse entscheidende Auskunft gibt, erst 120 Jahre alt ist, ungeachtet ferner die noch thätigen Vulkane und die heißen Quellen alljährlich eine bedeutende Menge Wärme zu Tage bringen, die für die Erde verloren geht, und daß sie endlich an die Atmosphäre und vermittelst dieser und durch direkte Strahlung stetsfort Wärme an den Weltraum abgibt; so soll doch hier nicht bestritten werden, daß der Verlust, den die Erde an eigener Wärme erleidet, durch die Wärme, die sie von der Sonne empfängt, ihr wieder ersetzt werde, daß sie somit gegenwärtig das Temperaturgleichgewicht erreicht habe, oder ihm wenigstens, wie aus der Beobachtung Hipparchs hervorgeht, sehr nahe stehe. Allein der Annahme, daß das jetzige Temperaturgleichgewicht das Resultat einer allmäligen Verminderung der Eigenwärme der Erde zu Anfang der gegenwärtigen Periode sei, widersprechen mannigfache Thatsachen, die im Gegentheil darauf hinweisen, daß der Uebergang von der vorhergehenden Periode durch ein auffallendes urplötzliches Sinken der Temperatur in der nördlichen Halbkugel eingeleitet wurde. Die wichtigsten dieser Thatsachen sind: die große Menge von Säugethierresten der tertiären Epoche (§. 137), welche in der ganzen nördlichen Halbkugel östlicher und westlicher Hälfte angetroffen werden; namentlich in Sibirien, wo es beinahe kein einziges Revier gibt, in dem nicht Elephantenknochen sich finden; die zusammenhängenden ganzen Thiergerippe, und die trefflich erhaltenen Knochen und Elfenbeine ebenfalls in Sibirien; ganze Leichname solcher Thiere, die in den Eismassen der sibirischen Küste gefunden wurden, und deren Fell und Fleisch so sehr ohne alles Verderbniß erhalten war, daß das letztere den Eisbären der Gegenwart und den Hunden der Tungusen zur wohlschmeckenden Nahrung diente; Mamuthknochen und Zähne, eingeschlossen in großen Eismassen der Eschscholzbai. Wenn wir diese Thatsachen erwägen, so führen sie uns zu folgenden Schlüssen. Die tertiären Säugethiere, von welchen die fossilen Knochen stammen, können nur durch eine Katastropbe, welche alle damals lebenden Individuen zu Grunde richtete, untergegangen sein, und welche Ursache sie auch vernichtete, es muß eine plötzliche und gewaltsame gewesen sein. Die Knochen und das Elfenbein von diesen Thieren verdankt seine treffliche Erhaltung offenbar einer Ursache, wodurch sie vor der Einwirkung der Elemente geschützt wurden. Diese Ursache scheint in einer Veränderung des Klimas

bestanden zu haben, und zwar in einer Kälte, die nicht langsam und allmälig eingetreten war, weil sonst die Knochen, und noch mehr die weichen Theile, von denen man sie umgeben findet, Zeit gehabt hätten, sich aufzulösen und zu faulen, wie die, welche man in der gemäßigten und heißen Zone findet, ja die Leichname mit ihrem wolerhaltenen Fell und Fleisch mußten unmittelbar von Eis umhüllt worden sein, weil auch sie sonst nach kurzer Zeit schon zersetzt worden wären. Mit den angeführten Thatsachen und den daraus folgenden Schlüssen stimmen nun die in den Alpen, im Jura, im nördlichen Europa und Amerika wahrgenommenen alten Sanddecken und Schliffflächen (§. 114) überein, welche auf eine einstige ungemeine Ausdehnung einer gewaltigen Eiskruste hinweisen, die den ganzen nördlichen Theil der Erdkugel bedeckte, und Gletschern vergleichbar, auf den Boden unter ihr wirkte. Wenn daher durch die Kenntniß, welche wir von einer eisigen Lagerungsstätte der großen Säugethiere im Norden besitzen, als erwiesen betrachtet werden kann, daß jene vereisten diluvianischen Schichten des Nordens identisch sind mit den Geröllschichten, worin in der Mitte Europas, in Deutschland, Frankreich, Elephantenknochen angetroffen werden, die derselben Art angehören, wie die sibirischen; wenn ferner nicht bezweifelt werden kann, daß die Katastrophe, welche die Thiere des Nordens tödtete, sie mit einem Schlage überfiel, und daß diese Vernichtung von einer plötzlichen Temperaturverminderung begleitet war: so scheint auch erwiesen, daß diese Thiere, deren Knochen in dem Diluvium unserer Gegenden gefunden werden, durch dieselbe Ursache, durch die Kälte nämlich, getödtet und im Eise begraben wurden. Plötzlich also war der Tod eingekehrt in einer mächtigen Schöpfung, die er auf Einmal vernichtete, und eine Zeit eisiger Ruhe trat an die Stelle des üppigsten und reichsten Pflanzen- und Thierlebens. Nach einer langen Pause hörte dieser eisige Zustand auf, eine mildere Temperatur stellte sich wieder ein und schmolz die allgemeine Eisdecke, von der die Eismassen der Alpen und der Polarzone die letzten Ueberreste sind. Agassiz, der neueste Verfechter dieser Ansicht, hat sehr umsichtig alle besonderen Beziehungen, auf denen sie beruht, benutzt, und nimmt zur Erklärung derselben an, daß die Temperatur der Erde große Schwankungen erlitten habe, welche sich mehrfach in der Erdgeschichte wiederholt haben; daß die größte Kälte immer am Ende der geologischen Epochen eingetreten sei; daß endlich die Bildung jener großen Eisdecke früher Statt fand, als die Erhebung der östlichen Alpen. Damit sind jedoch die Ursachen einer so merkwürdigen Katastrophe noch nicht genügend aufgeklärt, und das Räthsel, welches das Ende der zweiten geologischen Periode dem menschlichen Scharfsinn aufgegeben hatte, nicht gelöst.

Von einem anderen Standpunkte aus hat der französische Gelehrte Adhemar es versucht, den Ursprung der großen Eismassen zu erklären. Er

geht dabei von der Veränderung des Periheliums und Apheliums aus, einer der Störungen, von welcher §. 25 die Rede war. Wir haben dort gesehen, daß die Richtung der Apsidenlinie unsers um die Sonne laufenden Planeten veränderlich ist, und zwar im Sinne der Zeichenfolge der Ekliptik. Ihre gegenwärtige Stellung bringt es mit sich, daß Frühling und Sommer der nördlichen Halbkugel um 7 Tage oder 168 Stunden länger sind als Herbst und Winter, während daß auf der südlichen Halbkugel das umgekehrte Verhältniß Statt findet. Da nun die Apsidenlinie, oder die große Achse der Erdbahn, veränderlich ist, so ist es auch die eben erwähnte Wirkung; der Ueberschuß an Tagen oder Stunden während der warmen Jahreszeiten der nördlichen Hemisphäre wird immer kleiner, bis die beiden warmen und die beiden kalten Jahreszeiten völlig gleich sind, dann wachsen die bisher kürzeren, und nehmen, wenn sie ihr Maximum erreicht haben, wieder ab. Bis zur Rückkehr der Apsiden auf den Frühlingspunkt werden so viel Mal Jahre vergehen, als die mittlere jährliche Aenderung von 0°,0172 in 360° enthalten ist, also sehr nahe 21000 Jahre (der §. 25 angegebene Zyklus von 110000 Jahren ist der siderische). Wenn also, wie wir sehen, gegenwärtig die warmen Jahreszeiten der nördlichen Halbkugel um 7 Tage länger sind, als Herbst und Winter, so wird nach Verlauf der Hälfte des angegebenen Zyklus, also nach 10500 Jahren, die südliche Halbkugel in demselben Verhältniß bevorzugt sein. Den größten Gegensatz des jedesmaligen Zustandes, oder die größte Dauer hatten nach den Beobachtungen der Astronomen die warmen Jahreszeiten der nördlichen Halbkugel im J. 1248, in welchem Jahre der erste Tag unsers Winters mit dem Durchgang der Erde durch ihre Sonnennähe zusammenfiel. Damals war unser Frühling und Sommer 8 Tage, oder 192 Stunden länger, als unser Herbst und Winter. Seit dieser Zeit haben die beiden warmen Jahreszeiten langsam abgenommen, und die kalten sind in demselben Maße gewachsen, während das Umgekehrte auf der südlichen Halbkugel Statt gefunden hat. Dieß wird fortgehen bis znm Jahr 11748 (10500 + 1248), dann werden unser Herbst und Winter, wie 21000 Jahre früher, d. i. 9252 J. v. Chr., 8 Tage länger sein, als unser Frühling und Sommer, während umgekehrt alsdann die warmen Jahreszeiten der südlichen Halbkugel 8 Tage oder 192 Stunden länger dauern als die kalten. Zwischen beiden Extremen liegt jedesmal ein Zeitpunkt, in welchem die Tage der beiden kalten und der beiden warmen Jahreszeiten völlig gleich sind, und diese beiden Zeitpunkte liegen von den beiden Extremen um die Hälfte von 10500, also um 5250 Jahre entfernt. Hatten wir also im Jahr 1248 den reinsten Gegensatz des jedesmaligen Zustandes, so war etwa 4000 J. v. Chr., oder um die Zeit der ersten Spuren des Menschengeschlechtes, dieser Zeitpunkt der Gleichheit eingetreten. — Diese Verhältnisse der großen Achse der Erdbahn benutzt nun Adhemar zur Erklärung

jener ungeheuren Eisdecke, für deren einstiges Dasein so manche Thatsachen zu sprechen scheinen. Gegen die bisher allgemein angenommene Ansicht, daß die größere Sonnennähe, in welcher sich die Erde während der warmen Jahreszeiten der Südhemisphäre befindet, die längere Dauer derselben für den Norden durch einen größeren Wärmegrad ausgleicheu müsse, wendet Adhemar ein, daß es nicht sowol auf die Menge der Wärme ankomme, welche die Erde empfange, als auf die, welche ihr verbleibe. Nun hat die südliche Polarzone, wie die nördliche, während des Winters längere Nächte, und überdieß gegenwärtig eine längere Dauer des Winters; daraus folgt für sie natürlich eine größere Zahl von Nachtstunden, als für die nördliche. Jene strahlt daher wegen der längeren Nächte mehr Wärme aus und kühlt sich stärker ab, muß also nothwendig eine niedrigere mittlere Temperatur haben, als die nördliche, so lange sie in ihrer gegenwärtigen Stellung zur Erdbahn bleibt. Dieß dauert bis zum Jahr 6500 (1248 + 5250) unserer Zeitrechnung, um welche Zeit die warmen und die kalten Jahreszeiten der südlichen Halbkugel einander gleich sind; von da an werden die warmen Jahreszeiten der südlichen Halbkugel und die kalten der nördlichen wachsen. Daraus ergibt sich, daß das südliche Polarmeer gegenwärtig durch Abkühlung während der größeren Zahl von Nachtstunden im Winter eine größere Eismasse bilden muß als das nördliche. Dauert dieser Unterschied mehrere Jahrtausende fort, so wird er allmälig sehr bedeutend werden. In der That lehrt auch die Beobachtung, daß die südliche Eiszone sich über 12 Breitengrade weiter vom Südpol erstreckt, als die nördlichen vom Nordpol. Dazu kommt dann noch die Dicke des Südpolareises im Vergleich mit demjenigen am Nordpol; verhalten sich beide wie die Tiefe beider Meere, so ist das Polareis am Südpol viel dicker als das Nordpolareis. Da die warmen und kalten Jahreszeiten einander erst im J. 6500 gleich sind, so wird bis dahin das Südpolareis im Zunehmen begriffen sein. Eine so bedeutende Ungleichheit der Eismassen an beiden Polen müsse nun auch, nach Adhemar, das Gleichgewicht zwischen ihnen stören und den Schwerpunkt aus dem Zentrum der größeren Masse nähern, so daß sich derselbe gegenwärtig vielleicht schon auf der Südseite des Aequators befinde. Eine weitere Folge davon werde sein, daß sich das Wasser des Ozeans von der Seite der geringeren Eismasse gegen die Seite der größeren und nach dem Schwerpunkt hinziehe, daß es das Land in der Nähe jener trocken lege und dasjenige in der Nähe der größeren Eismasse überschwemme. Daher komme es, daß gegenwärtig der Nordpol fast überall von Land umgeben sei, während daß sich die Kontinente gegen den Südpol, wo die Tiefe des Meeres größer ist, pyramidal zuspitzen. Nach dem J. 6500 vergrößert sich das Nordpolareis, das schon jetzt langsam wachsend zunehmen soll, immer mehr, während das Südpolareis anfängt zu erweichen und abzuschmelzen. Beim höchsten Grad der Er-

weichung trete dann, nach dieser Hypothese, ein Eisgang ein, der Schwerpunkt gehe auf die nördliche Seite des Aequators über, die Wasser des Südpols stürzen gegen den Nordpol, bedecken das ihn umgebende Land unter ihren Fluthen, und hüllen die vom trockenen Lande gegen den Pol hin weggespülten organischen Geschöpfe in die großen Eismassen ein. Wenn das Nordpolareis schon jetzt im Wachsen begriffen ist, so wird es nach dem Jahr 6500 immer mehr zunehmen und gegen 11750 unserer Zeitrechnung seine größte Ausdehnung erreichen, um welche Zeit sich jene Fluth vom Südpol her gegen den Norden der Erde wiederholen würde. Dasselbe mußte der Fall gewesen sein um das Jahr 9250 v. Chr., wo, nach Agassiz, jene ungeheure Eiskruste die ganze nördliche Halbkugel bedeckte.

Diese Hypothese Adhemar's, welche der Menschheit eine so trostlose Zukunft voraussagt und die Nothwendigkeit des Ereignisses mit mathematischer Schärfe zu bestimmen sucht, steht indeß doch nicht so fest, daß nicht gegründete Zweifel gegen sie erhoben werden könnten. Zuvörderst erinnere man sich an das oben Gesagte, daß nämlich ein an seinen Polen abgeplatteter Himmelskörper, wie unsere Erde, so leicht seine Achsenstellung nicht verändert, d. i. den Schwerpunkt aus dem mit der Achsenstellung harmonirenden Zentrum des Gleichgewichts verrücken läßt. Hier können nur genaue Berechnungen entscheiden, aus denen sich ergeben müßte, ob das Mehrgewicht der einen Eismasse vor der anderen so groß sei, daß dadurch ein so bedeutendes Phänomen bewirkt werden könnte; es müßte dieser Gewichtsüberschuß, nach den Berechnungen Bessels, dem Gewichte des ganzen Himalaja gleich kommen, was bezweifelt werden darf. Zudem ist aus der Meteorologie bekannt, daß die größte Kälte keineswegs auf die astronomischen Pole selbst fällt, sondern in deren Nähe; es muß sich also das meiste Eis nicht am astronomischen, sondern am Kältepole befinden, mithin kann der Schwerpunkt nicht in der Richtung der Erdachse, sondern in der der höchsten Kältepunkte verrückt werden, welches eine Aenderung der Rotationsachse herbeiführte, die von der Astronomie als unmöglich zurückgewiesen wird. Daß klimatische Veränderungen aus den die Stellung der Apsidenlinie verändernden Störungen hervorgehen, kann nicht geleugnet werden, aber schwerlich solche, welche die mittlere Wärme eines Ortes mehr als um eine Kleinigkeit ändern. Wenn einst das Aphelium der Erde, statt, wie jetzt, mitten in den Winter der Südhalbkugel, mitten in ihren Sommer fällt, so werden die Winter wahrscheinlich um höchstens $1/4$ oder $1/2$ Grad strenger, die Sommer aber um eben so viel wärmer, während auf der Nordhalbkugel das Entgegengesetzte eintritt. Ein anderer Einwurf betrifft die plötzliche Wasserversetzung von einem Pol zum anderen. Eine solche ist nur denkbar bei einem plötzlich eintretenden Eisgange, nicht aber bei einem langsamen Abschmelzen oder Kleinerwerden des Eises, wie ein solches die allmälig veränderte Stel-

lung der Apsidenlinie mit sich führt. Wenn ferner der Schwerpunkt bereits gegenwärtig auf der Südseite des Aequators sich befindet, so müssen die Gewässer der nördlichen Meere jetzt schon in einem Strömen dahin begriffen sein, und man sollte glauben, daß Beobachtungen an den europäischen Küsten diese Strömung in dem damit nothwendig verbundenen Sinken des Meeresspiegels erkennen lassen müßten. Ein weiterer Einwurf gegen Adhemar betrifft die Richtung der letzten Wasserversetzung vor der jetzigen Epoche; diese war, wenn sie eintrat, von Norden nach Süden; alle geologischen Erscheinungen machen es aber wahrscheinlicher, daß das Wasser, welches die Elephanten in die nördlichen Eismassen einhüllte, gegen Norden geflossen sei. Endlich ist nicht zu übersehen, daß die ganze Hypothese, worauf Burmeister aufmerksam macht, auf den heutigen Zonenunterschieden beruht, somit für die früheren Hauptperioden der Schöpfung nicht gelten kann; denn es wäre unmöglich, aus der zwischen 10500 Jahre schwankenden periodischen Wasserversetzung von einem Pol zum anderen die früheren neptunischen Niederschläge abzuleiten, vielmehr müssen die Wasserversetzungen, die unstreitig Statt gehabt haben, auf Rechnung der Durchbrüche endogener Massen geschrieben werden. Ich schließe daher mein Buch mit der getrosten Hoffnung, daß nie in Zukunft weder das Wasser, noch das Eis Adhemars der europäischen Kultur und den Künsten des Friedens, an denen Jahrtausende gearbeitet, den Untergang bringen werde; nur die plutonischen Gewalten der Tiefe, so scheint es, können der gegenwärtigen Ordnung der Dinge, theilweise wenigstens, gefährlich werden.

Druckfehlerverzeichniß.

Seite.	Zeile.		
18	9	von unten	l. Zentripetalkraft.
22	16 u. 15	= =	l. Der Abstand eines Sternes vom Horizonte heißt die **Polhöhe;** sie ist gleich der Breite und die Ergänzung des Zenithabstandes zu 90°.
25	5	von oben	muß die 3te Zahl an die Stelle der vierten und diese an die Stelle der dritten gesetzt werden
40	1 u. 2	= =	l. Die Erdtheilchen in dem Gürtel zu beiden Seiten des Aequators.
—	9	von unten	l. unverändert, statt unverlängert.
43	13	= =	ist nach auszustreichen.
44	17	von oben	l. 57084,707, st. 57008,72
46	8	von unten	l. Stunden.
51	4	von oben	l. Hauptgrund.
64	11	= =	l. Parallelkreis, st. Polarkreis.
69	14	von unten	l. Weniges, st. weniger.
71	3	= =	l. Erstaunen.
77	11	von oben	l. um etwa 88 Mal, st. 50 Mal.
80	18	von unten	l. Neigung, st. Steigung.
84	8	= =	l. 5°,9, st. 5″,9.
130	12	von oben	l. des Planeten, st. der Planeten.
143	1	von unten	l. Fig. 26.
144	17	= =	l. Berges, st. Bogens.
145	11	von oben	l. a oder b.
158	5	= =	l. 79,2, st. 97,2.
173	18	von unten	l. und, st. um.
—	14 u. 15	= =	l. indem — die Wärme durch Leitung von Oben nach Unten eindringt und auf demselben Wege nach Oben durch Leitung u. s. w.
201	7	von oben	l. Es erzeugt das Fächeln, Blasen, die Zugluft Abkühlung.
228	15	von unten	l. Hurricanes.
282	8	von oben	l. Lichterscheinung, st. Lufterscheinung.
288	14	von unten	l. 260 — 500 Meilen.
315	19	= =	l. gewogen, st. gebogen.
316	1	von oben	l. Marannon.
334	13	= =	l. Island, st. Irland.
344	13	= =	l. daß die Millionen, st. daß die von den Millionen.
454	12	= =	l. Debreczin.
467	14	= =	l. von den Naturgewalten gewaltiger Felsmauern.
469	21	= =	l. organischen, st. ozeanischen.
482	3	von unten	ist und zu streichen.
543	17	von oben	l. Sertigthal.
544	16	von unten	l. Sertig.
568	22	= =	l. Neu = Granada.
588	4	= =	l. Wärmelehre.
669	13	von oben	l. Muttergestein, st. Mittengestein.
703		soll es zu unterst	heißen: *) Siehe Tafel 6.

Nachträge,

die neuesten Entdeckungen und Beobachtungen betreffend.

Am Schlusse der Vorrede ist bemerkt worden, es sei unmöglich gewesen, die astronomischen Entdeckungen der letztverflossenen Jahre in den Text aufzunehmen. Seit dem Drucke dieses Werkes ist nun wirklich eine Reihe neuer Entdeckungen bekannt geworden. Wir wollen daher dieselben hier in Kürze nachholen.

Das erste, wovon wir der Reihenfolge des Textes gemäß zu sprechen haben, ist der neue Beweis für die Achsendrehung der Erde durch Pendelversuche, den Faucault in Paris im Jahr 1851 gab. Läßt man nämlich ein Pendel z. B. in der Richtung Ost-West hin und her schwingen, so wird dasselbe stets in dieser Schwingungsrichtung verharren, selbst dann noch, wenn der Aufhängepunkt des Pendels aus seiner ursprünglichen Stelle fort bewegt wird. Dasselbe wird der Fall sein, wenn man das Pendel in irgend einer andern Richtung schwingen läßt; es wird fortwährend seine ursprüngliche Richtung beibehalten. Diese Erscheinungen gelten aber nur so lange, als die Erde keine Achsendrehung besitzt. Wir wollen nun im Folgenden sehen, was für Erscheinungen damit auf der rotirenden Erde verknüpft sind. Nehmen wir zuerst an, wir hätten unsern Pendelversuch am Nordpol der Erde gemacht. Alsdann wird der Aufhängepunkt des Pendels beständig senkrecht über dem Pole verbleiben. Das Pendel mag sodann in der Richtung irgend eines Meridians in Schwingung versetzt werden. Nach dem oben angeführten Gesetze schwingt es beständig in dieser Richtung hin und her; der Erdboden aber dreht sich mit jenem auf ihm gezogen gedachten Meridiane in der Richtung West-Ost unter dem Pendel fort und vollendet seine Drehung in 24 Stunden. Es wird demnach dem Beobachter vorkommen, als drehe sich die Schwingungsrichtung des Pendels nach der Bewegungsrichtung eines Uhrzeigers und diese Drehung werde ebenfalls in 24 Stunden vollendet. — Am Aequator dreht sich der Meridian täglich einmal, behält aber die nämliche relative Richtung mit derjenigen der Pendelschwingung bei. Irgend ein Durchmesser desselben bleibt sich selbst parallel und daher erscheint die Schwingungsrichtung unverändert. — Am Pole wird demnach die Drehung der Schwingungsrichtung des Pendels in 24 Stunden vollendet, am Aequator entsteht gar keine Drehung oder mit andern Worten: Am Aequator braucht

die Drehung zu ihrer Vollendung eine unendlich lange Zeit. Hieraus ergibt sich sogleich, daß für Orte, die zwischen dem Pol und dem Aequator liegen, ein Uebergang von der Drehungsperiode von 24 Stunden, die am Pol beobachtet wird, zu der unendlich großen am Aequator stattfinden muß, oder daß daselbst eine vollständige Umdrehung der Schwingungsrichtung des Pendels länger dauern muß als 24 Stunden und zwar um so länger, je näher der Ort am Aequator liegt. Diese Behauptung läßt sich auch auf folgende Art erläutern: Gesetzt, der verehrte Leser habe einen Globus zur Hand und habe sein Auge auf den Breitenkreis seines Wohnortes gerichtet; ferner habe er daselbst eine Münze so befestigt, daß das Bild derselben nach Norden gewendet ist, d. h. in der Richtung des Meridians liegt, und dann drehe er den Globus um seine Achse. Die Münze stellt auf diese Art den Horizont des Wohnortes vor, und dieser wird sich ebenfalls um die Erde drehen. Bei dieser Bewegung ist nun das Bild der Münze stets nach einem gewissen Punkte in der Verlängerung der Achse des Globus gerichtet. Die Wirkung dieser Drehung wird aber auf dasselbe herauskommen, wenn statt dessen der Mittelpunkt der Münze feststeht und letztere um diesen Mittelpunkt wie um eine Achse gedreht wird; denn die Bewegung des Bildes der Münze ist in beiden Fällen dieselbe. Wenn demnach Jemand längs der Nordlinie des Horizontes stets nach einem bestimmten Punkte der verlängerten Erdachse hinblickt, so wird der Effekt derselbe sein, als ob der Mittelpunkt dieser Ebene fest wäre und sich dieselbe rings um diesen Mittelpunkt wie um eine Achse drehen würde. Die Schwingungsebene des Pendels nimmt aber an dieser Drehung nicht Theil. Zwar besitzt auch sie eine Bewegung, die von der Drehung des Aufhängepunktes um die Erde herrührt; allein der Horizont macht dieselbe auch mit; die Wirkung dieser Bewegung besteht demnach nur darin, die Schwingungsebene senkrecht zum Horizonte zu erhalten. Demnach wird die Schwingungsrichtung des Pendels rings um den Horizont zu drehen scheinen. — Es bleibt uns noch übrig die Geschwindigkeit dieser Drehung zu bestimmen. Nehmen wir an, die Erde habe eine halbe Umdrehung gemacht, so wird auch der Mittelpunkt unserer Münze (Horizont) die Hälfte seines Breitenkreises durchlaufen haben; allein ihr Bild, welches stets nach Norden gerichtet war, hat noch keine halbe Umdrehung gemacht, d. h. in so fern wir uns wieder vorstellen, ihr Mittelpunkt sei fest, und sie könne um diesen als Achse drehen, so hat sie noch nicht völlig ihren Halbkreis durchlaufen. Die Münze wird sich nämlich gerade um so viel gedreht haben, als ob die Länge jenes halben Parallelkreises wie ein Faden auf dem Umfang eines andern Kreises ausgespannt würde, der jenen fixen Punkt in der Verlängerung der Achse als Mittelpunkt und die Entfernung des fixen Punktes von der Münze als Radius hat, und die Münze diesem Faden gefolgt wäre, so daß ihr Bild immer nach dem Mittelpunkte dieses

Kreises hingerichtet gewesen wäre. Dieser Faden kann aber noch keinen Halbkreis bilden. (Siehe nebenstehende Figur.)

Auf dieses gestützt haben die Rechnungen ergeben, daß die Periode einer vollständigen Drehung des Pendels vollendet wird in der Breite von

0°	oder am Pole in	24	Stunden	0 Min.
51° 31′	London in	30	„	40 „
48° 50′	Paris in	31	„	52 „
45° 28′	Mailand in	33	„	42 „
41° 53′	Rom in	34	„	28 „
22° 54′	Rio Janeiro in	61	„	41 „
8° 58′	Panama	154	„	0 „



Beobachtungen, die an vielen Orten angestellt wurden, bestätigten diese Theorie und durch dieselben ist nun ein augenscheinlicher Beweis für die Achsendrehung der Erde geleistet.

Mannigfaltige Bereicherungen hat unser Planetensystem erhalten. Zu der zwischen Mars und Jupiter befindlichen Gruppe der Asteroiden oder Coplaneten, von denen im Texte Vesta, Juno, Cares und Pallas aufgezählt sind, gesellten sich am 8. Dez. 1845 Asträa von Henke in Drießen entdeckt und von Enke getauft, am 1. Juli 1846 kam Hebe ebenfalls von Henke entdeckt und von Gauß getauft hinzu, am 13. August 1847 entdeckte Hind in London den von Herschel mit dem Namen Iris bezeichneten Planeten. Derselbe Hind fand am 18. Okt. 1847 die Flora von Herschel getauft, Graham bemerkte am 26. April 1848 in Makree (Irland) einen neuen Planeten, dem Cooper den Namen Metis gab. Gasparis in Neapel bereicherte diese Gruppe am 12. April 1849 mit der von ihm benannten Hygiea. Am 11. Mai 1850 fügte er dazu noch die Parthenope bei. Hind schenkte uns am 13. Sept. 1850 die Viktoria. Am 2. Nov. 1850 machte Gasparis die Entdeckung der Egeria. Zu diesen 13 Coplaneten hat sich durch Hinds Bemühungen noch am 19. Mai 1851 der von Herschel mit dem Namen Irene belegte Asteroid gesellt und endlich am 29. Juli 1851 bereicherte Gasparis diese Gruppe mit einem fünfzehnten Planeten, der Eunomia.

An der äußersten Grenze unsers Sonnensystems sollte nach unbestimmten Vermuthungen Bouvards, des Berechners der Uranusbahn, ein bisher noch unentdeckter Planet existiren. Leverrier in Paris fand nun durch Rechnung Unregelmäßigkeiten in den durch die Theorie und die Beobachtung aufgefundenen Ortsbestimmungen des Uranus, die bis auf 4′ 24″ anstiegen und schloß daraus auf Störungen, die von einem in ungefähr 38 Sonnenweiten entfernten Planeten herkommen könnten. Er bezeichnete nun

Dr. Galle in Berlin den Ort, wo dieser neue Planet aufzufinden wäre und dieser war darauf so glücklich, am 23. Sept. 1846 den Planeten ziemlich genau an der bezeichneten Stelle des Himmels aufzufinden, der endlich nach langem Hin= und Herreden den Namen Neptun erhielt. Seitdem sind von Lassell in Starfield bei Liverpool zwei Monde dieses Trabanten aufgefunden worden. Die Existenz eines Ringes dieses Planeten, den dieser Astronom ebenfalls gesehen zu haben glaubt, möchte aber noch zweifelhaft sein. Ebenso mag es auch mit dem dritten Ringe Saturns der Fall sein. In jüngster Zeit hat Lassell zwei neue Satelliten des Uranus aufgefunden.

Endlich müssen wir noch einen Gegenstand berühren. Wir meinen nämlich Mädlers Centralsonne. Die Entdeckung Herschel's über die Doppelsterne, die sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bewegen, hat zu der Idee Veranlassung gegeben, sämmtliche Fixsterne werden sich um einen einzigen Centralpunkt bewegen. Da ferner der Centralkörper unsers Planetensystems, die Sonne, die übrigen dahingehörenden Glieder desselben an Größe bedeutend übertrifft, so schloß man ebenfalls auf eine überwiegende Größe des Centralkörpers des ganzen Fixsternsystems. Die Vermuthungen über die Stellung dieser Centralsonne wies nun auf die Gegend des Sternbildes des Perseus hin. Allein in dieser findet man keinen glänzenden Stern. Deßhalb vermuthete man, daß die Fixsterne bloß um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, also einen bloß eingebildeten Punkt kreisen, oder man nahm diese Centralsonne als wirklich vorhanden, aber nicht selbst leuchtend, also für uns auch nicht sichtbar an. So standen die Sachen, bis Mädler 1846 über diese Frage Untersuchungen anstellte. Er ließ sich dabei durch folgende Betrachtungen leiten: Wenn wir von der Erde aus den Centralkörper beobachten, so muß dieser für uns eine scheinbare Bewegung annehmen. Jenseits davon befindliche Sterne müssen eine geringere Bewegung zeigen, ebenso hinter uns befindliche; links und rechts dagegen müssen die Bewegungen sich am merkbarsten darstellen. Das Resultat seiner Forschung war dann endlich die wirkliche Auffindung der Centralsonne, als welche wir sehr wahrscheinlich den hellsten Stern der Plejaden, Alcyone, anzusehen haben.

Dr. Galle in Berlin den Ort, wo dieser neue Planet aufzufinden wäre und dieser war darauf so glücklich, am 23. Sept. 1846 den Planeten ziemlich genau an der bezeichneten Stelle des Himmels aufzufinden, der endlich nach langem Hin= und Herreden den Namen Neptun erhielt. Seitdem sind von Lassell in Starfield bei Liverpool zwei Monde dieses Trabanten aufgefunden worden. Die Existenz eines Ringes dieses Planeten, den dieser Astronom ebenfalls gesehen zu haben glaubt, möchte aber noch zweifelhaft sein. Ebenso mag es auch mit dem dritten Ringe Saturns der Fall sein. In jüngster Zeit hat Lassell zwei neue Satelliten des Uranus aufgefunden.

Endlich müssen wir noch einen Gegenstand berühren. Wir meinen nämlich Mädlers Centralsonne. Die Entdeckung Herschel's über die Doppelsterne, die sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bewegen, hat zu der Idee Veranlassnng gegeben, sämmtliche Fixsterne werden sich um einen einzigen Centralpunkt bewegen. Da ferner der Centralkörper unsers Planetensystems, die Sonne, die übrigen dahingehörenden Glieder desselben an Größe bedeutend übertrifft, so schloß man ebenfalls auf eine überwiegende Größe des Centralkörpers des ganzen Fixsternsystems. Die Vermuthungen über die Stellung dieser Centralsonne wies nun auf die Gegend des Sternbildes des Perseus hin. Allein in dieser findet man keinen glänzenden Stern. Deßhalb vermuthete man, daß die Fixsterne bloß um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, also einen bloß eingebildeten Punkt kreisen, oder man nahm diese Centralsonne als wirklich vorhanden, aber nicht selbst leuchtend, also für uns auch nicht sichtbar an. So standen die Sachen, bis Mädler 1846 über diese Frage Untersuchungen anstellte. Er ließ sich dabei durch folgende Betrachtungen leiten: Wenn wir von der Erde aus den Centralkörper beobachten, so muß dieser für uns eine scheinbare Bewegung annehmen. Jenseits davon befindliche Sterne müssen eine geringere Bewegung zeigen, ebenso hinter uns befindliche; links und rechts dagegen müssen die Bewegungen sich am merkbarsten darstellen. Das Resultat seiner Forschung war dann endlich die wirkliche Auffindung der Centralsonne, als welche wir sehr wahrscheinlich den hellsten Stern der Plejaden, Alcyone, anzusehen haben.

Dr. Galle in Berlin den Ort, wo dieser neue Planet aufzufinden wäre und dieser war darauf so glücklich, am 23. Sept. 1846 den Planeten ziemlich genau an der bezeichneten Stelle des Himmels aufzufinden, der endlich nach langem Hin- und Herreden den Namen Neptun erhielt. Seitdem sind von Lassell in Starfield bei Liverpool zwei Monde dieses Trabanten aufgefunden worden. Die Existenz eines Ringes dieses Planeten, den dieser Astronom ebenfalls gesehen zu haben glaubt, möchte aber noch zweifelhaft sein. Ebenso mag es auch mit dem dritten Ringe Saturns der Fall sein. In jüngster Zeit hat Lassell zwei neue Satelliten des Uranus aufgefunden.

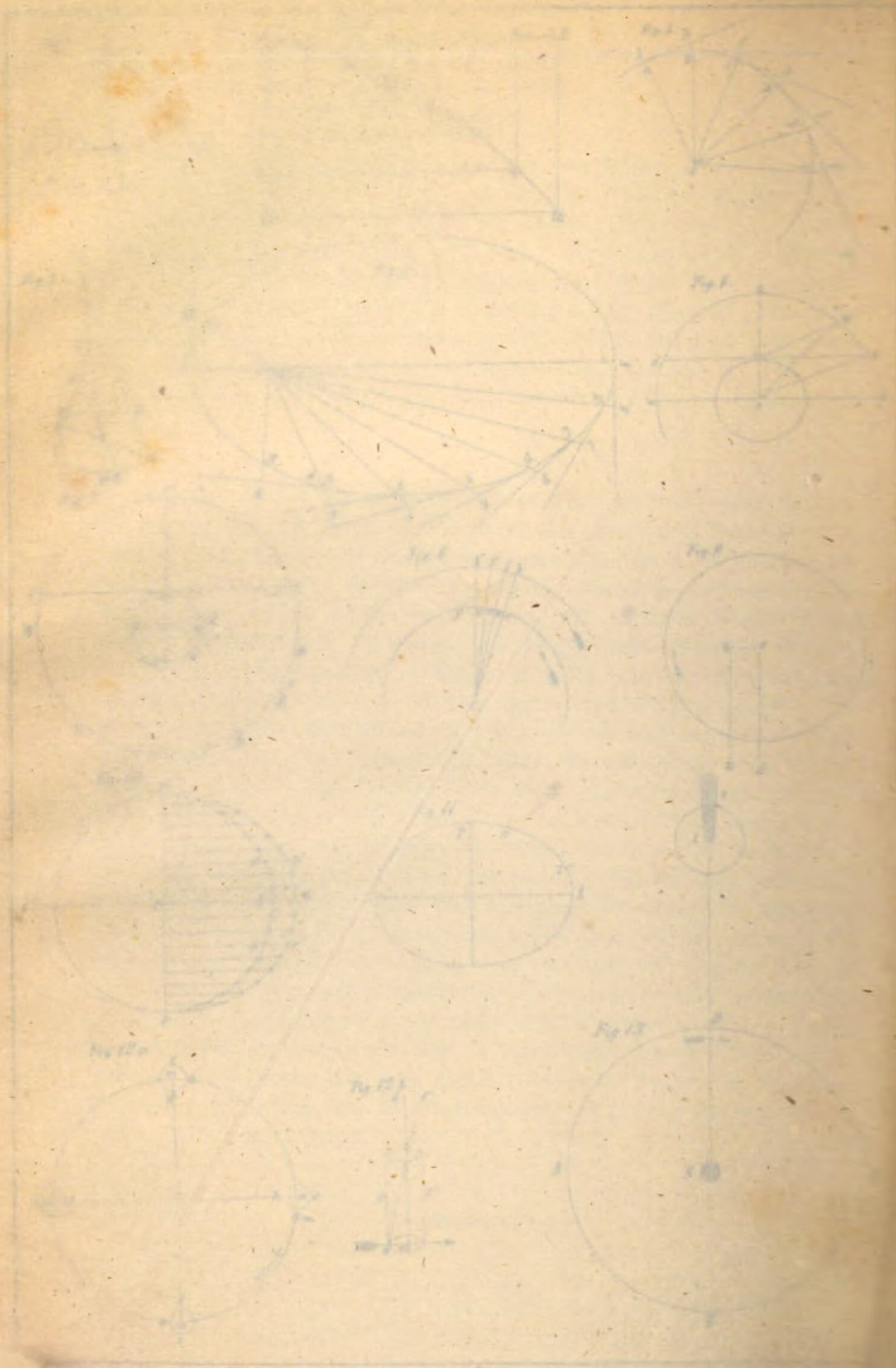
Endlich müssen wir noch einen Gegenstand berühren. Wir meinen nämlich Mädlers Centralsonne. Die Entdeckung Herschel's über die Doppelsterne, die sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bewegen, hat zu der Idee Veranlassnng gegeben, sämmtliche Fixsterne werden sich um einen einzigen Centralpunkt bewegen. Da ferner der Centralkörper unsers Planetensystems, die Sonne, die übrigen dahingehörenden Glieder desselben an Größe bedeutend übertrifft, so schloß man ebenfalls auf eine überwiegende Größe des Centralkörpers des ganzen Fixsternsystems. Die Vermuthungen über die Stellung dieser Centralsonne wies nun auf die Gegend des Sternbildes des Perseus hin. Allein in dieser findet man keinen glänzenden Stern. Deßhalb vermuthete man, daß die Fixsterne bloß um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, also einen bloß eingebildeten Punkt kreisen, oder man nahm diese Centralsonne als wirklich vorhanden, aber nicht selbst leuchtend, also für uns auch nicht sichtbar an. So standen die Sachen, bis Mädler 1846 über diese Frage Untersuchungen anstellte. Er ließ sich dabei durch folgende Betrachtungen leiten: Wenn wir von der Erde aus den Centralkörper beobachten, so muß dieser für uns eine scheinbare Bewegung annehmen. Jenseits davon befindliche Sterne müssen eine geringere Bewegung zeigen, ebenso hinter uns befindliche; links und rechts dagegen müssen die Bewegungen sich am merkbarsten darstellen. Das Resultat seiner Forschung war dann endlich die wirkliche Auffindung der Centralsonne, als welche wir sehr wahrscheinlich den hellsten Stern der Plejaden, Alcyone, anzusehen haben.

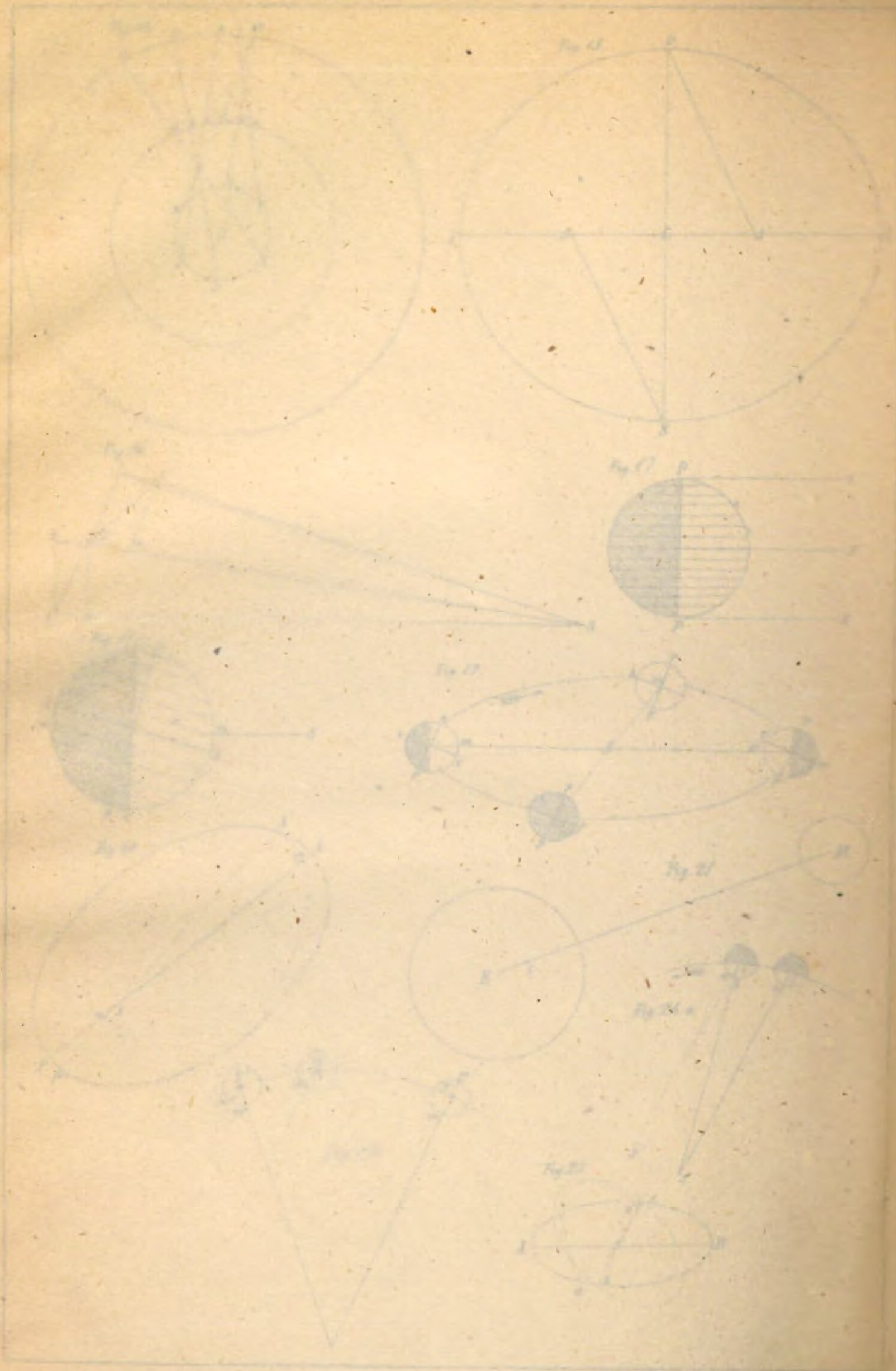
Dr. Galle in Berlin den Ort, wo dieser neue Planet aufzufinden wäre und dieser war darauf so glücklich, am 23. Sept. 1846 den Planeten ziemlich genau an der bezeichneten Stelle des Himmels aufzufinden, der endlich nach langem Hin- und Herreden den Namen Neptun erhielt. Seitdem sind von Lassell in Starfield bei Liverpool zwei Monde dieses Trabanten aufgefunden worden. Die Existenz eines Ringes dieses Planeten, den dieser Astronom ebenfalls gesehen zu haben glaubt, möchte aber noch zweifelhaft sein. Ebenso mag es auch mit dem dritten Ringe Saturns der Fall sein. In jüngster Zeit hat Lassell zwei neue Satelliten des Uranus aufgefunden.


Endlich müssen wir noch einen Gegenstand berühren. Wir meinen nämlich Mädlers Centralsonne. Die Entdeckung Herschel's über die Doppelsterne, die sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bewegen, hat zu der Idee Veranlassnng gegeben, sämmtliche Fixsterne werden sich um einen einzigen Centralpunkt bewegen. Da ferner der Centralkörper unsers Planetensystems, die Sonne, die übrigen dahingehörenden Glieder desselben an Größe bedeutend übertrifft, so schloß man ebenfalls auf eine überwiegende Größe des Centralkörpers des ganzen Fixsternsystems. Die Vermuthungen über die Stellung dieser Centralsonne wies nun auf die Gegend des Sternbildes des Perseus hin. Allein in dieser findet man keinen glänzenden Stern. Deßhalb vermuthete man, daß die Fixsterne bloß um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, also einen bloß eingebildeten Punkt kreisen, oder man nahm diese Centralsonne als wirklich vorhanden, aber nicht selbst leuchtend, also für uns auch nicht sichtbar an. So standen die Sachen, bis Mädler 1846 über diese Frage Untersuchungen anstellte. Er ließ sich dabei durch folgende Betrachtungen leiten: Wenn wir von der Erde aus den Centralkörper beobachten, so muß dieser für uns eine scheinbare Bewegung annehmen. Jenseits davon befindliche Sterne müssen eine geringere Bewegung zeigen, ebenso hinter uns befindliche; links und rechts dagegen müssen die Bewegungen sich am merkbarsten darstellen. Das Resultat seiner Forschung war dann endlich die wirkliche Auffindung der Centralsonne, als welche wir sehr wahrscheinlich den hellsten Stern der Plejaden, Alcyone, anzusehen haben.

Dr. Galle in Berlin den Ort, wo dieser neue Planet aufzufinden wäre und dieser war darauf so glücklich, am 23. Sept. 1846 den Planeten ziemlich genau an der bezeichneten Stelle des Himmels aufzufinden, der endlich nach langem Hin= und Herreden den Namen Neptun erhielt. Seitdem sind von Lassell in Starfield bei Liverpool zwei Monde dieses Trabanten aufgefunden worden. Die Existenz eines Ringes dieses Planeten, den dieser Astronom ebenfalls gesehen zu haben glaubt, möchte aber noch zweifelhaft sein. Ebenso mag es auch mit dem dritten Ringe Saturns der Fall sein. In jüngster Zeit hat Lassell zwei neue Satelliten des Uranus aufgefunden.

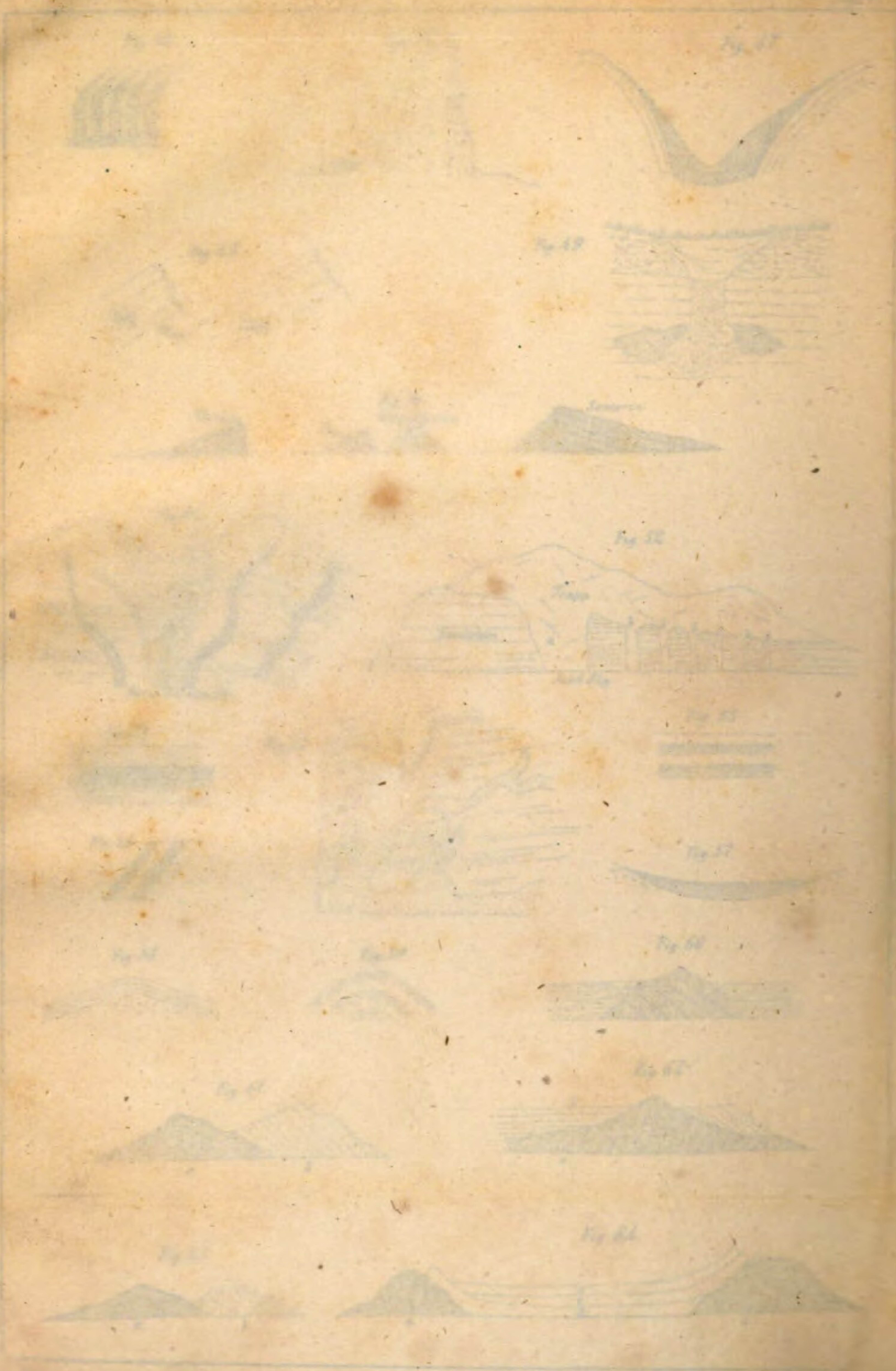
Endlich müssen wir noch einen Gegenstand berühren. Wir meinen nämlich Mädlers Centralsonne. Die Entdeckung Herschel's über die Doppelsterne, die sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bewegen, hat zu der Idee Veranlassung gegeben, sämmtliche Fixsterne werden sich um einen einzigen Centralpunkt bewegen. Da ferner der Centralkörper unsers Planetensystems, die Sonne, die übrigen dahingehörenden Glieder desselben an Größe bedeutend übertrifft, so schloß man ebenfalls auf eine überwiegende Größe des Centralkörpers des ganzen Fixsternsystems. Die Vermuthungen über die Stellung dieser Centralsonne wies nun auf die Gegend des Sternbildes des Perseus hin. Allein in dieser findet man keinen glänzenden Stern. Deßhalb vermuthete man, daß die Fixsterne bloß um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, also einen bloß eingebildeten Punkt kreisen, oder man nahm diese Centralsonne als wirklich vorhanden, aber nicht selbst leuchtend, also für uns auch nicht sichtbar an. So standen die Sachen, bis Mädler 1846 über diese Frage Untersuchungen anstellte. Er ließ sich dabei durch folgende Betrachtungen leiten: Wenn wir von der Erde aus den Centralkörper beobachten, so muß dieser für uns eine scheinbare Bewegung annehmen. Jenseits davon befindliche Sterne müssen eine geringere Bewegung zeigen, ebenso hinter uns befindliche; links und rechts dagegen müssen die Bewegungen sich am merkbarsten darstellen. Das Resultat seiner Forschung war dann endlich die wirkliche Auffindung der Centralsonne, als welche wir sehr wahrscheinlich den hellsten Stern der Plejaden, Alcyone, anzusehen haben.

















Meyer, J. de

Lehrbuch der astronomischen u. physikalischen Geographie oder die Erde in ihrem Verhältniss zum Sonnensystem u. als planetarisches Individuum

Zürich 1852